

MINIMALISASI KEDIP TEGANGAN DENGAN PENAMBAHAN REAKTOR PADA PENYULANG SUNGAYANG

(Studi Kasus: PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar))

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh:

RAHMAT SETIAWAN
NIM: 11750515056

UIN SUSKA RIAU
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN SYARIF KASIM RIAU
2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSETUJUAN

MINIMALISASI KEDIP TEGANGAN DENGAN PENAMBAHAN REAKTOR PADA PENYULANG SUNGAYANG (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar)

TUGAS AKHIR

oleh:

RAHMAT SETIAWAN

11750515056

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 06 Juni 2024

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T
NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing

Dr. Liliانا, S.T., M.Eng
NIP. 19781012 200312 2 004

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PENGESAHAN

MINIMALISASI KEDIP TEGANGAN DENGAN PENAMBAHAN REAKTOR PADA PENYULANG SUNGAYANG (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar)

TUGAS AKHIR

oleh :

RAHMAT SETIAWAN
11750515056

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 06 Juni 2024

Pekanbaru, 06 Juni 2024

Mengesahkan,

Dr. Hartono, M.Pd
NIP. 19640301 199203 1 003
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T
NIP. 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Sutoyo, S.T., M.T.
Sekretaris : Dr. Liliana, S.T., M.Eng
Anggota 1 : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T
Anggota 2 : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Ha scripta milik UIN Suska Riau

State Islamm Sultan Syarif Kasim Riau



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan di perkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 6 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,


Rahmat Surawan
11750515056

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang
Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia, maka wajib baginya berilmu, dan barangsiapa yang menghendaki kehidupan akhirat, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki keduanya, maka wajib baginya berilmu.
 (HR. Tirmidzi)

Terima Kasih Ya Allah...

Sembah sujud serta syukurku kepada-Mu ya Allah, zat yang Maha Pengasih namun tak pernah pilih kasih dan Maha Penyayang yang kasih sayangnya tak terbilang. Engkau zat yang Maha membolak-balikkan hati, teguhkanlah hati ini di atas agama-Mu ya Allah. Lantunan sholawat beriring salam penggubah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada sosok panutan umat, pembangun peradaban manusia yang beradab Nabi Muhammad SAW.

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat.
 (QS : Al-Mujadilah 11)

Ku persembahkan karya ini untuk Ayahanda tercinta, sosok pejuang dalam hidupku yang tak pernah mengenal kata lelah apalagi mengeluh serta Ibunda tersayang, malaikat tanpa sayap dalam hidupku yang tak kenal waktu siang dan malam selalu menjaga dan melindungi hingga aku bisa sampai seperti sekarang ini, Adik-adik tercinta, seluruh keluarga serta sahabat dan seluruh keluarga besar teknik elektro UIN SUSKA RIAU yang doanya senantiasa mengiringi setiap derap langkahku dalam meniti kesuksesan.

Dan katakanlah: "Ya Tuhan-ku, masukkan aku ketempat masuk yang benar dan keluarkanlah (pula) aku ketempat keluar yang benar dan berilah aku disisi-Mu kekuasaan yang dapat menolongku."

(QS: Al-Isra 80)

| Rahmat Setiawan |

| 10 Januari 2024 |



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rahmat Setiawan

NIM : 11750515056

Tempat, Tgl. Lahir : Sungai Rangau, 1 Juli 1999

Fakultas : Sains dan Teknologi

Prodi : Teknik Elektro

Judul Jurnal : Minimalisasi Kedip Tegangan Dengan Penambahan Reaktor Pada

Penyulang Sungayang (Studi Kasus : PT.PLN (Persero) ULP Batusangkar)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan jurnal dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu jurnal saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan jurnal saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 6 Juni 2024

Yang membuat pernyataan



Rahmat Setiawan

NIM : 11750515056

MINIMALISASI KEDIP TEGANGAN DENGAN PENAMBAHAN REAKTOR PADA PENYULANG SUNGAYANG (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar)

RAHMAT SETIAWAN
11750515056

Tanggal Sidang : 06 Juni 2024
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
JL.HR. Soebrantas no. 155 Panam, Pekanbaru

ABSTRAK

Permasalahan yang terjadi pada Gardu Induk Batusangkar di *feeder* Sungayang di jaringan distribusi penyaluran listrik terkait dengan penurunan tegangan akibat gangguan hubung singkat 3 fasa, dengan *feeder* Sungayang yang memiliki panjang penghantar 48 Km, beban pada *feeder* sungayang sebesar 54,9 A GI batusangkar mengalami gangguan hubung singkat sebesar 2860 MVA_{sc} sehingga mengalami kedip tegangan di *feeder* sungayang. Sehubungan dengan permasalahan yang terjadi, penelitian ini bertujuan untuk meminimalisasikan kedip tegangan yang terjadi pada *feeder* sungayang dengan mengikutsertakan analisis simulasi aliran daya, simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa dan simulasi *transient* serta perhitungan teoritis. Untuk itu metode yang digunakan penulis adalah penambahan reaktor untuk meminimalisasikan kedip tegangan yang terjadi akibat gangguan hubung singkat 3 fasa di *feeder* sungayang dengan bantuan *software* ETAP 12.6.0. Pertama melakukan pemodelan *single line diagram* dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0, selanjutnya simulasi aliran daya pada ETAP 12.6.0 dengan beban puncak dimana pembebanan sebesar 65% pada suhu lingkaran 30°C ini dikarenakan pembebanan pada trafo masih dalam batas aman, selanjutnya melakukan simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa dengan memeberikan gangguan sebesar 20 Kv pada titik 1% gangguan hubung singkat sebesar 8,22 kA dan ditiitk 100% sebesar 2,5 kA, selanjutnya melakukan simulasi *transient*, pada titik 1% tegangan sebesar 6,2 kV mengalami penurunan tegangan sebesar 70% dan pada titik 100 % tegangan sebesar 18,41 kV terjadi penrunan tegangan sebesar 30% dari tegangan normalnya yang menyebabkan kedip tegangan. Selanjutnya penambahan reaktor untuk meminimalisasikan kedip tegangan, setelah dilakukan penambahan reaktor tegangan pada titik 1% sebesar 20,923kV dan pada tiitk 100% sebesar 20,861 kV kenatan tegangan sebesar 70% pada titik 1% dan 30% pada titik 100% yang menjadikan tegangan kembali normal sehingga kedip tegangan tidak terjadi.

Kata Kunci : Kedip tegangan, Hubung singkat, Reaktor.

MINIMIZING VOLTAGE FLAWS BY ADDING A REACTOR TO THE SUNGAYANG REFEITER (Case Study: PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar)

RAHMAT SETIAWAN

11750515056

Date of Examination : 06 june 2024

Electrical Engineering Department

Faculty of Science and Technology

Sultan Syarif Kasim State Islamic University Riau

St. HR. Soebrantas number.155 Panam, Pekanbaru

ABSTRACK

The problem that occurred at the Batusangkar substation at the Sungayang feeder in the electricity distribution network was related to a voltage drop due to a 3-phase short circuit. With the Sungayang feeder having a conductor length of 48 km, the load on the Sungayang feeder was 54.9 A. The Batusangkar GI experienced a connection problem. Short of 2860 MVA_{sc} resulting in voltage sags at the river feeder. In connection with the problems that occur, the research aims to minimize voltage sags that occur at the river feeder by including power flow simulation analysis, 3-phase short circuit fault simulation and transient simulation as well as theoretical calculations. For this reason, the method used by the author is the addition of a reactor to minimize voltage sags that occur due to 3-phase short circuits in the river feeder with the help of ETAP 12.6.0 software. First, do single line diagram modeling using ETAP 12.6.0 software, then simulate the power flow in ETAP 12.6.0 with peak load where the load is 65% at a circle temperature of 30 °C, this is because the load on the transformer is still within safe limits, then do a disturbance simulation 3 phase short circuit by providing a disturbance of 20 Kv at the 1% point, the short circuit disturbance is 8.22 kA and at 100% at 2.5 kA, then carry out a transient simulation, at the 1% point the voltage is 6.2 kV, there is a voltage drop of 70% and at the 100% point the voltage is 18.41 kV, there is a voltage drop of 30% from the normal voltage which causes the voltage to sag. Next, adding a reactor to minimize voltage sags, after adding a reactor, the voltage at the 1% point was 20,923kV and at the 100% point it was 20,861 kV, the voltage increase was 70% at the 1% point and 30% at the 100% point, which made the voltage return to normal so voltage sags do not occur.

Keywords : Voltage Sags, Capacitor, Short Circuit, Reactor.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber dan mengutip secara langsung.
 2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



KATA PENGHANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Orang-orang terutama dan utama tidak lupa untuk mengucapkan puji dan syukur diucapkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam tidak lupa juga penulis haturkan kepada Rasulullah SAW, sebagai seorang nabi sekaligus pemimpin umat islam dan suri tauladan bagi seluruh umat manusia di dunia yang bahwasanya dapat menjadi contoh bagi umat dan menjadi teladan bagi kita semua. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Minimalisasi Kedip Tegangan Dengan Penambahan Reaktor Pada Penyulang Sungayang Studi Kasus: PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengalaman, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada di sekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu, Bapak, dan adik-adik tercinta yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil dan doa kepada penulis serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Hairunnas, M.Ag selaku Rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini, ST., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
5. Bapak Sutoyo, S.T, M.T selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
6. Ibu Dr. Liliana, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan

yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Uu Dr. Liliana, S.T., M.T selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas Akhir 1 yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.

Bapak Hasdi Radilles, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan di UIN SUSKA Riau.

Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 6 Juni 2024

Penulis,

Rahmat Setiawan

NIM.11750515056

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGHANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR RUMUS	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-4
1.3 Tujuan Penelitian	I-4
1.4 Batasan Masalah	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait.....	II-1
2.2 Klasifikasi Kestabilan.....	II-3
2.3 Standar Tegangan	II-5
2.4 Definisi Kedip Tegangan	II-5
2.5 Tegangan Kedip Akibat Gangguan Hubung Singkat	II-6
2.6 Teori Hubung Singkat Sistem Distribusi 20kV	II-7
2.7 Parameter Pendukung	II-8
2.8 ETAP Power Station 12.6.0.....	II-12
2.8.1 Simbol Komponen Pada ETAP	II-13
2.9 Penambahan Reaktor	II-14
2.9.1 Penempatan Reaktor	II-15
2.9.2 Perhitungan Reaktansi Reaktor	II-16
2.10 Aliran Daya Listrik	II-17





BAB III METODE PENELITIAN

1.1	Jenis Penelitian	III-1
1.2	Lokasi Penelitian	III-1
1.3	Prosedur Penelitian	III-2
1.4	Studi Literatur	III-4
1.5	Data Penelitian	III-4
1.6	Menggambar <i>Single Line</i> Diagram	III-8
3.6.1	Menghitung Impedansi Sumber	III-8
3.6.2	Menghitung Reaktansi Trafo	III-8
3.6.3	Menghitung Impedansi Penyulang	III-9
3.6.4	Menghitung Impedansi Ekuivalen	III-9
3.7	Simulasi Aliran Daya	III-16
3.8	Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa pada titik lokasi gangguan 1% dan 100%	III-17
3.9	Simulasi <i>Transient</i> Kedip Tegangan	III-20
3.9.1	Simulasi <i>Transient</i> kedip tegangan pada titik lokasi gangguan 1%.	III-20
3.9.2	Simulasi <i>Transient</i> kedip tegangan pada titik lokasi gangguan 100%.	III-22
3.10	Minimalisasi Kedip Tegangan dengan Penambahan Reaktor Penyulang Sungayang	III-24
3.10.1	Perhitungan Reaktor	III-24
3.10.2	Penambahan Reaktor	III-25
3.10.3	Penempatan Reaktor	III-25
3.11	Hasil dan Analisis	III-26

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

4.1	Menggambar Singel Line diagram	IV-1
4.1.1	Hasil Perhitungan Impedansi Sumber	IV-1
4.1.2	Hasil Perhitungan Reaktansi Trafo	IV-2
4.1.3	Hasil Perhitung Impedansi Penyulang	IV-2
4.1.4	Hasil Perhitung Impedansi Ekuivalen	IV-3
4.2	Hasil Simulasi Aliran Daya	IV-6
4.3	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 Fasa	IV-7



4.4 Hasil Simulasi Transient.....IV-8

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan V-1
 5.2 Saran V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klarifikasi Sistem Tenaga [10]	II-3
Gambar 2.2	Definisi Voltage <i>Magnitude</i> Event [12].....	II-5
Gambar 2.3	Kedip Tegangan Karena Hubung Singkat [20].....	II-6
Gambar 2.4	Sketsa Penyulang Tegangan Menengah[30]	II-9
Gambar 2.5	Konversi Xs dari 150 kV ke 20 kV[30]	II-9
Gambar 2.6	Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa [28].....	II-12
Gambar 2.7	Gelombang Terjadinya Kedip Tegangan[18]	II-13
Gambar 2.8	Simbol Generator[25]	II-14
Gambar 2.9	Simbol Kabel[25].....	II-14
Gambar 2.10	Simbol Pada <i>Grid</i> [25]	II-15
Gambar 2.11	Simbol Transformator[25]	II-15
Gambar 2.12	Reaktor Generator [33]	II-16
Gambar 2.13	Sistem <i>Straight bus</i> [32].....	II-16
Gambar 2.14	Sistem <i>ring bus</i> [32].....	II-16
Gambar 2.15	Sistem <i>Star bus</i> [32].....	II-16
Gambar 2.16	Reaktor Penyulang [33]	II-17
Gambar 3.1	Alur Tahapan Penelitian.....	III-3
Gambar 3.2	<i>Single line Diagram</i> ULP Batusangkar[14].....	III-5
Gambar 3.3	<i>Tap Rating</i> pada <i>Power Grid</i>	III-10
Gambar 3.4	<i>Tap Rating</i> pada <i>Circuit Breaker</i>	III-11
Gambar 3.5	Tap Info pada <i>Bus Editor</i>	III-11
Gambar 3.6	<i>Tap Rating</i> pada Trafo	III-12
Gambar 3.7	Tap Info pada <i>Switch</i>	III-13
Gambar 3.8	Tap info pada <i>cable</i>	III-14
Gambar 3.9	<i>Tap Nameplate</i> pada <i>Lumped Load Editor</i>	III-15
Gambar 3.10	<i>Tap Rating</i> pada <i>Fuse</i>	III-15
Gambar 3.12	Ikon <i>Run Load Flow</i>	III-16
Gambar 3.13	Ikon <i>Display Options</i>	III-16
Gambar 3.14	<i>Tap Result</i> pada <i>Display Options</i>	III-17
Gambar 3.15	ikon <i>Short – Circuit Analysis</i>	III-17



Gambar 3.16	Fault pada 1%.....	III-18
Gambar 3.17	ikon <i>Run- 3 Phase</i>	III-18
Gambar 3.18	ikon <i>display options</i>	III-18
Gambar 3.19	<i>Tap Result</i> pada <i>display options</i>	III-19
Gambar 3.20	sisi 100%	III-19
Gambar 3.22	<i>Tap Events</i> pada <i>Study Case</i>	III-20
Gambar 3.23	<i>Tap Actions</i> pada <i>Study Case</i>	III-20
Gambar 3.24	<i>Tap Plot</i> pada <i>Transient Stability Study Case</i>	III-21
Gambar 3.25	<i>Run Transient Stability</i>	III-21
Gambar 3.26	ikon <i>Transient Stability Plot</i>	III-22
Gambar 3.27	<i>Transient Stability Plot</i>	III-22
Gambar 3.28	<i>Tap Event</i> pada <i>Transient Stability Case</i>	III-23
Gambar 3.29	<i>Tap Action</i> pada <i>Transient Stability Case</i>	III-23
Gambar 3.30	<i>Tap Plot</i> pada <i>Transient Stability Study Case</i>	III-23
Gambar 3.31	Skema Penambahan Reaktor.....	III-24
Gambar 3.32	<i>Tap Rating</i> pada <i>Reactor Editor</i>	III-25
Gambar 4.1	<i>Singel Line Diagram</i> Untuk <i>Feeder</i> Sungayang.....	IV-6
Gambar 4.2	<i>Tap Event</i> dan <i>Action</i> pada titik gangguan 1%.....	IV-8
Gambar 4.3	Simulasi transient dalam sistem 3 <i>phasa</i> pada sisi 1%.....	IV-9
Gambar 4.4	Grafik <i>Transient</i> pada sistem 3 <i>phasa</i> pada titik 1%	IV-10
Gambar 4.5	<i>Tap Event</i> dan <i>Action</i> pada titik gangguan 100%.....	IV-11
Gambar 4.6	Simulasi transient dalam sistem 3 <i>phasa</i> pada sisi 100%.....	IV-12
Gambar 4.7	Grafik <i>Transient</i> pada sistem 3 <i>phasa</i> pada titik 100%	IV-13
Gambar 4.8	Reaktansi Reaktor pada titik gangguan 1%	IV-15
Gambar 4.9	Reaktansi Reaktor pada titik gangguan 100%	IV-16
Gambar 4.10	Grafik pada proses Simulasi Transient dengan penambahan reaktor pada titik lokasi gangguan 1%.....	IV-17
Gambar 4.11	Grafik pada proses Simulasi Transient dengan penambahan reaktor pada titik lokasi gangguan 1%.....	IV-19

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

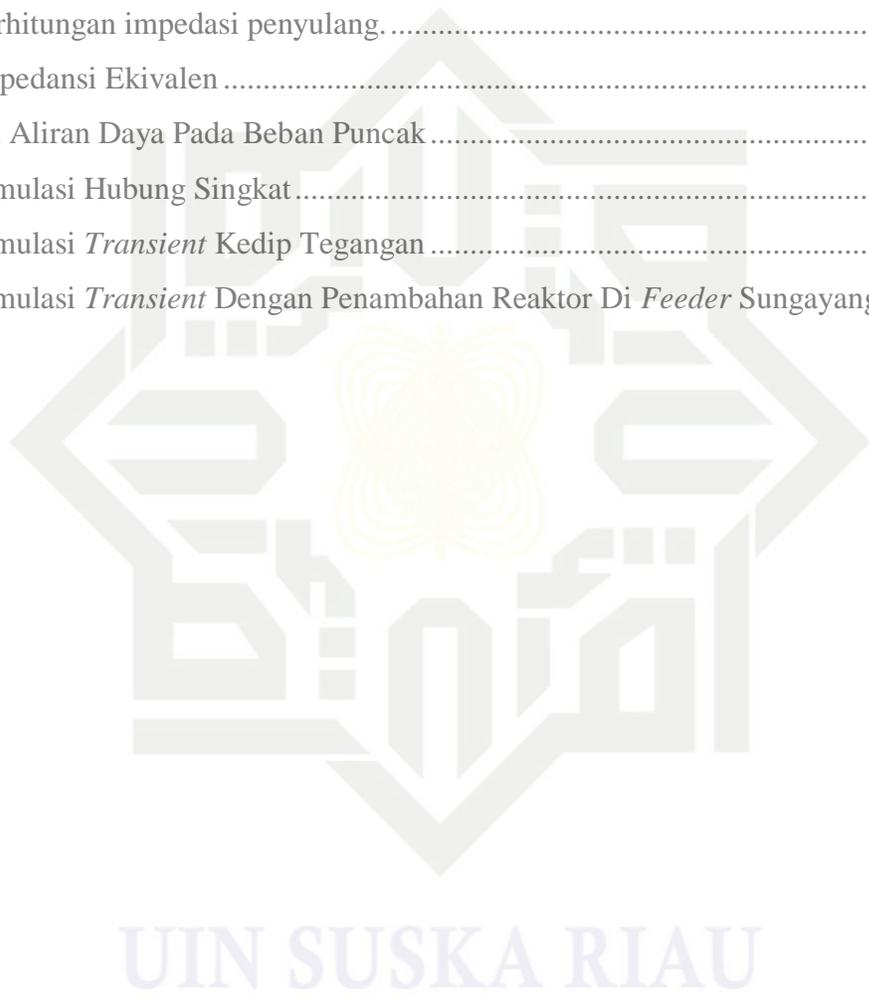
1. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

	Tabel 2.1 Faktor Tegangan [8].....	II-16
	Tabel 3.1 Data Transformator[1].	III-6
	Tabel 3.2 Trafo Distribusi[1]	III-6
	Tabel 3.3 Data bus	III-7
	Tabel 3.4 Data Penyulang [1]	III-7
	Tabel 4.1 Hasil perhitungan impedansi penyulang.....	IV-3
	Tabel 4.2 Hasil Impedansi Ekuivalen	IV-5
	Tabel 4.3 Simulasi Aliran Daya Pada Beban Puncak.....	IV-6
	Tabel 4.4 Hasil Simulasi Hubung Singkat.....	IV-7
	Tabel 4.5 Hasil Simulasi <i>Transient</i> Kedip Tegangan	IV-14
	Tabel 4. 6 Hasil Simulasi <i>Transient</i> Dengan Penambahan Reaktor Di <i>Feeder</i> Sungayang	IV-16

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





DAFTAR RUMUS

	1 Impedansi Sumber 150 kV	II-9
	2 Impedansi Sumber 20 kV	II-9
	3 Impedansi Trafo.....	II-9
	4 Reaktansi urutan positif dan negatif	II-10
	5 Reaktansi urutan nol	II-10
	6 Impedansi urutan positif dan negatif	II-10
	7 Impedansi urutan nol	II-10
	8 Impedansi urutan positif dan negatif	II-11
	9 Impedansi urutan nol	II-11
	10 Gangguan hubung singkat 3 fasa.....	II-11
	11 Reaktansi reaktor	II-16
	12 Reaktansi reaktor standar IEC	II-16
	13 Pembebanan aliran daya	II-17

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang menyalin atau menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi listrik untuk mencukupi keperluan pelanggan mulai dari beragam bidang perindustrian, permukiman, pemerintahan dan sarana umum lainnya serta meningkatnya populasi pertumbuhan yang menyebabkan kebutuhan dalam penggunaan energi listrik meningkat. Sehingga dibutuhkan kualitas yang baik untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Untuk memasok keperluan energi listrik yang semakin meningkat setiap tahunnya, pemerintah membuat sebuah organisasi yang menyuplai serta pengembangan sistem tenaga listrik secara kontinu bagi jangka pendek dan jangka yang panjang yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang menyediakan kebutuhahan listrik untuk para konsumen. Pada perancangan usaha Pengadaan energi Listrik (RUPTL) PT.PLN (PERSERO) Pemerintah telah menetapkan skala elektrifikasi untuk negara ini mencapai 100% pada tahun 2025[2]. Dalam menyalurkan kebutuhan listrik tentunya ada beberapa masalah yang kerap terjadi seperti adanya gangguan dari hewan sekitar, perubahan cuaca, ranting pohon yang menempel antara fasa dan fasa sehingga menyebabkan gangguan hubung singkat di sistem distribusi tenaga listrik sehingga mengakibatkan menurunnya tegangan dalam waktu yang singkat atau yang disebut kedip tegangan[35].

Kedip tegangan adalah menurunnya tegangan dalam waktu yang relatif singkat pada sistem distribusi listrik yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat. Gangguan ini merupakan penurunan nilai rms tegangan atau arus pada frekuensi daya selama durasi waktu dari 0,5 cycles (0,01detik) sampai 1 menit dan rentang perubahan dari 0,1 sampai 0,9 pu pada harga rms besaran tegangan atau arus[4]. Dalam sistem tenaga listrik kedip tegangan bisa diakibatkan oleh dua faktor, yaitu : pertama, memiliki masalah hubung singkat pada saluran tenaga listrik. Yang kedua, diakibatkan oleh berubahnya nilai beban secara tiba-tiba seperti, *switching* beban dan pengasutan motor induksi. Permasalahan yang terbesar mengenai kualitas daya sekarang ini adalah *Voltage Sag*/kedip tegangan[3]. Kedip tegangan menjadi perhatian untuk konsumen, karena dampak yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan pada operasi instalasi listriknya, kecacatan produksi yang sensitive terhadap penurunan tegangan



tidak bisa mengakibatkan kecacatan produk. Sehingga mengganggu kenyamanan mereka dalam memanfaatkan kehidupan listrik sehari-hari[7].

Pada kasus penelitian terkait tentang kedip tegangan. Menunjukkan bahwa besar kedip tegangan bisa dikecilkan setelah diberi peralatan CLR (*Current Limiting Reactor*), dimana setelah dipasang besar kedip tegangan berkurang signifikan tergantung dari impedansi reaktor tersebut. Pada penelitian ini dilakukan simulasi gangguan hubung singkat untuk 3 fasa pada bus 10-1 di PT. Chandra Asri dan PT. Try Polyta pada bus 194 terjadi kedip tegangan mencapai 0,3%. Tegangan bus 194 adalah 20 kV. Nilai tersebut mendekati nol sehingga tidak dapat berjalan dengan aman. Untuk mencegah hal tersebut maka diberi *system CLR (Current Limiting Reactor)* yang berfungsi untuk mengurangi kedip tegangan setelah diberi CLR di dekat titik gangguan terjadi kedip tegangan menjadi lebih kecil. Pada bus 194 menunjukkan kedip tegangan sebesar 35,4% untuk rating CLR memiliki impedansi 2 ohm [7]. Kemudian hubung singkat juga dipengaruhi dari titik gangguannya, dikatakan bahwa semakin dekat jarak titik lokasi gangguan maka arus hubung singkatnya semakin besar pula. Begitupun sebaliknya semakin jauh jarak gangguan dari titik lokasi gangguan maka akan semakin kecil gangguan arus hubung singkatnya [6].

Solusi lainnya terkait kedip tegangan[5] bahwa UPQC adalah alat yang dapat digunakan sebagai kompensasi untuk mengatasi kedip tegangan. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan UPQC yang ditimbulkan oleh gangguan hubung singkat di PT. Kutai Timber Indonesia (KTI). Dimana UPQC ini adalah alat untuk kompensasi yang terhubung secara seri dan paralel kepada jaringan yang sama. Perangkat seri UPQC membagikan injeksi tegangan kepada sistem rangkaian sementara perangkat paralel dari UPQC membagikan injeksi arus yang bersifat kapasitif. Lalu dua buah *voltage Source Inverter (VSI)* disatukan dengan kapasitor penyimpanan energi yang berguna menjadi sumber energi karena memiliki bentuk seri dan paralel dengan dua buah pengontrol VSI, maka dari itu UPQC bisa membagikan injeksi tegangan dan arus kapasitif secara bersama kepada sistem jaringan distribusi. Hasil dari penelitian [5] pada masalah hubung singkat tiga fasa tidak bisa diperbaiki secara signifikan sesudah dipasangkan UPQC tegangan PCC 0.218 pu, daya aktif 0.031 MW dan daya reaktif 0.019 MVAR selepas dipakaikan UPQC tegangan PCC 0.224 pu, daya aktif 0.188 MW dan daya reaktif 0.126 MVAR lalu di penelitian ini bisa disebutkan yaitu UPQC tidak bisa beroperasi sebagai mana kompensasi guna menyelesaikan arus hubung singkat tiga fasa.[5]

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Objek yang dijadikan pada riset ini dilakukan pada *feeder* Sungayang yang berada di Batusangkar. Gardu induk Batusangkar memiliki 2 trafo daya diantaranya trafo 1 dan 2 yang menyuplai untuk 3 *feeder* saat ini, yaitu : *feeder* sungayang, *feeder* sungai tarab dan *feeder* Limau. Gardu induk Batusangkar memiliki kapasitas sebesar 30 MVA. Gardu induk batusangkar mengalami gangguan hubung singkat sebesar 2860 MVAsc yang menyebabkan penurunan tegangan di *feeder* sungayang dan mengalami kedip tegangan. Feeder sungayang memiliki panjang saluran 48 KM dan memiliki beban sebesar 54,9 A. Kedip tegangan terjadi yang diakibatkan oleh gangguan hubung singkat sebesar 6,26 kV pada titik lokasi 1% dari panjang saluran *feedernya* dan 18,41kV pada titik lokasi 100% dari panjang saluran *feedernya*. Adapun kedip tegangan ini berdampak pada PLN dan konsumen yang dapat menyebabkan kerusakan pada instalasi listrik serta kecacatan produk terhadap peralatan yang peka terhadap listrik. Sejauh ini PLN telah berupaya menangani masalah kedip tegangan ini dengan menggunakan UPQC (*United Power Quality Conditioner*) untuk meminimalisasikan kedip tegangan. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan dengan Jepri selaku operator Gardu Induk Batusangkar mengatakan bahwa setelah dilakukannya pemasangan UPQC tersebut untuk kedip tegangan untuk 3 fasa masih terjadi.[14] Oleh sebab itu penulis bermaksud melakukan penambahan reaktor dengan simulasi *transient* pada *feeder* Sungayang agar dapat meminimalisasikan kedip tegangan yang terjadi dan terhindar dari dampak buruk kedip tegangan serta dapat memenuhi penyediaan energi listrik yang baik kepada konsumen.

Penambahan reaktor ini dilakukan pada titik lokasi 1% dan 100% dari panjang *feedernya*. dengan melakukan simulasi *transient* yang dibantu oleh *Software* ETAP.12.0.6. Pemasangan reaktor ini bertujuan untuk meminimalisasikan kedip tegangan yang terjadi akibat gangguan arus hubung singkat pada sistem distribusi yang terjadi di *feeder* Sungayang. Berdasarkan permasalahan dan berbagai solusi yang telah dipaparkan mengenai kedip tegangan yang terjadi pada *feeder* sungayang, untuk itu perlu dilakukan sebuah penelitian tentang penambahan, penempatan serta perhitungan reaktor agar dapat meminimalisasikan kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat yang terjadi di penyulang sungayang. Pengembangan yang ingin dilakukan pada penelitian ini melakukan evaluasi kedip tegangan pada titik gangguan 1 % dan 100%, evaluasi gangguan hubung singkat 3 fasa pada titik gangguan 1% dan 100% dari panjang *feedernya*, serta melakukan analisis kedip tegangan di *feeder* sungayang. Setelah itu menggunakan metode analisis dengan memakai penambahan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

reaktor dan perhitungannya pada titik gangguan 1% dan 100% dari panjang *feedernya* sebagai pembanding dari penelitian lain. Hal ini dikarenakan dari penelitian [5][6][7][35] hanya melakukan antisipasi pada sistem agar tidak terganggu pada sisi beban dan tidak terdapat penambahan reaktor dan penambahan reaktor untuk mengoptimalkan kedip tegangan yang terjadi akibat gangguan hubung singkat. Maka dasar itulah peneliti tertarik melakukan riset dengan judul “**Minimalisasi Kedip Tegangan Dengan Penambahan Reaktor Pada Penyulang Sungayang Gardu Induk Batu Sangkar**”. (Studi Kasus: PT.PLN (PERSERO) ULP Batusangkar).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut ada beberapa hal yang dibahas, diantaranya yaitu:

1. Berapa besar gangguan arus hubung singkat 3 fasa pada sistem distribusi PLN Gardu Induk Batusangkar di Penyulang Sungayang?
2. Berapa besarnya kedip tegangan 3 fasa akibat adanya gangguan hubung singkat pada sistem distribusi PLN Gardu Induk Batusangkar di penyulang Sungayang?
3. Bagaimana pengaruh penambahan reaktor untuk kedip tegangan 3 fasa yang terjadi akibat gangguan hubung singkat pada sistem distribusi PLN Gardu Induk Batusangkar di Penyulang Sungayang?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis besar nilai arus hubung singkat akibat gangguan 3 fasa pada sistem distribusi PLN Gardu Induk Batusangkar di Penyulang Sungayang.
2. Untuk menganalisis besar kedip tegangan akibat gangguan 3 fasa pada sistem distribusi PLN Gardu Induk Batusangkar di Penyulang Sungayang.
3. Untuk menganalisis pengaruh penambahan reaktor terhadap kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat 3 fasa pada Penyulang Sungayang

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Sistem yang akan dianalisis yaitu sistem satu bus dari Gardu Induk Batusangkar.
2. Gangguan yang akan dibahas adalah gangguan 3 fasa.
3. Kedip tegangan yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat.
4. Simulasi dan analisa menggunakan *software* ETAP.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Penelitian ini tidak membahas mengenai mekanisme kerja peralatan yang digunakan untuk mengatasi kedip tegangan.
6. Studi ini tidak membahas mengenai motor.

5.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk konsumen dapat menghindari kerusakan instalasi listrik mereka dari kedip tegangan tersebut dan mencegah kerusakan peralatan yang peka terhadap listrik,
2. Mempermudah pihak ULP batusangkar dalam menghadapi kedip tegangan akibat gangguan arus hubung singkat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Pada saat ini telah banyak dilakukannya penelitian mengenai Analisa Kedip Tegangan Akibat Gangguan Arus Hubung Singkat Pada Penyulang. Berikut ini beberapa penelitian sebelumnya yang membahas analisa kedip tegangan gangguan arus hubung singkat yang berguna dan berfungsi sebagai referensi dan ide bagi penulis untuk membuat skripsi ini:

pada penilitian[5] ini dilakukan dengan menggunakan UPQC yang ditimbulkan oleh gangguan hubung singkat di PT. Kutai Timber Indonesia (KTI). Dimana UPQC ini sebuah alat kompensasi yang terhubung secara seri dan paralel. Dimana komponen serinya memberikan injeksi pada sistem dan komponen paralelnya membagikan injeksi arus yang bersifat kapasitif yang mana berguna untuk penyetingan daya yang lebih optimal. Hasil dari penelitian ini untuk gangguan tiga fasa tidak terjadi perbaikan yang signifikan sebelum dipasang UPQC tegangannya sebesar 0.218 pu, daya aktif 0.031 MW dan daya reaktif 0.019 MVAR setelah dipasang UPQC tegangannya menjadi 0.024 pu, daya aktif 0.188 MW dan daya reaktif 0.126 MVAR sehingga penelitian ini belum mampu bekerja sebagai kompesasi untuk mengatasi arus hubung singkat tiga fasa.

Pada penelitian [6] ini pengaruh kedip tegangan berdasarkan titik lokasi gangguan pada penyulang. Hasil yang diperoleh penelitian ini adalah bahwa semakin dekat jarak titik lokasi gangguan maka arus hubung singkatnya semakin besar pula. Begitupun sebaliknya semakin jauh jarak gangguan maka akan semakin kecil gangguan arus hubung singkatnya. Pada jarak titik lokasi gangguan 100% arus hubung singkat sebesar 550,91 A, dan pada titik lokasi gangguan 20% arus hubung singkat sebesar 1.527,3 A hubung singkat yang terjadi semakin tinggi.

Pada penelitian [7] menganalisa kedip tegangan yang terjadi pada penyulang di PT.Chandra Asri dan PT.Try Polyta yang diakibatkan karenagangguan tiga fasa, dua fasa ketanah dan satu fasa ketanah. Simulasi yang digunakan adalah analisis *transient* akibat gangguan hubung singkat. didapatkan bahwa nilai kedip tegangan akan meningkat apabila berada dekat dengan bus kemudian akan menurun jika berada jauh dari titik gangguan. Hasil penelitian pada SC4 diperoleh nilai kedip tegangan sebesar yaitu 0,3% pada bus 194. Dikarena

berada dekat dengan titik gangguan hubung singkat kemudian dipasang peralatan CLR (*Current Limiting Reactor*), kedip tegangan berkurang sebesar 35,4%.

Pada penelitian [8] ini menganalisa kedip tegangan yang terjadi di PT.Pulp and Paper yang diakibatkan oleh gangguan hubung singkat dengan menggunakan reaktor pembatas arus. Hasil penelitian dengan penambahan reaktor pembatas arus pada keluaran trafo TC 15, TC 11 dan TC 4, arus puncak hubung singkat 3 fasa pada pangkal saluran melewati PMT pada *substation* AC 15 turun dari 70.930 kA menjadi 62.731 kA, pada *substation* AC 11 turun dari 67.507 kA menjadi 62.421 dan pada *substation* AC 4 turun dari 73.014 kA menjadi 62.734 kA.

Pada penelitian [9] ini menggunakan alat yaitu *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) untuk mengatasi kedip tegangan yang terjadi untuk mengatasi dan memulihkan terjadinya kedip tegangan. Simulasi DVR di rancang melindungi *feeder* B dari kedip tegangan dan DVR ini dipasang seri antara beban dan sumber. Hasil yang didapatkan bahwa DVR bisa menstabilkan kedip tegangan yang terjadi dengan mengkompensasinya (+433,2V).

Pada penelitian [35] tentang pemasangan DVR terhadap kedip tegangan akibat gangguan arus hubung singkat 3 fasa pada penyulang Kampus melakukan penelitian menunjukkan hasil bahwa dapat memulihkan tegangan akibat kedip tegangan dengan menyuplai tegangan pada fasa yang mengalami gangguan. Pada persentase beban 65% DVR menyuplai pada fasa A sebesar 0,29 pu, pada fasa B menyuplai tegangan sebesar 0,25%, dan pada fasa C menyuplai tegangan sebesar 0,29% dan mengembalikan tegangan menjadi 1pu.

Bedasarkan dari penelitian sebelumnya, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian di *feeder* Sungayang Batusangkar. Karena itu peneliti mengangkat judul “**Minimalisasi Kedip Tegangan Dengan Penambahan Reaktor Pada penyulang Sungayang Gardu Induk Batu Sangkar**”. Dalam penelitian ini peneliti memakai informasi data sekunder milik PT.PLN (PERSERO) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Batusangkar serta Gardu Induk Batusangkar. Adapun data yang diperoleh ialah *single line diagram*, data penyulang, spesifikasi trafo serta data arus hubung singkat Gardu Induk Batusangkar. Dari studi literatur tersebut, bahwa penelitian ini tertuju kepada penambahan reaktor, peletakan posisi juga perhitungan reaktor pada penyulang Sungayang untuk mengoptimalkan kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat pada *feeder* Sungayang dikarenakan pada penelitian sebelumnya [5][9] melakukan simulasi *transient* kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat dimana untuk 3 fasa tidak efisien dalam meminimalisasikan kedip tegangan akibat

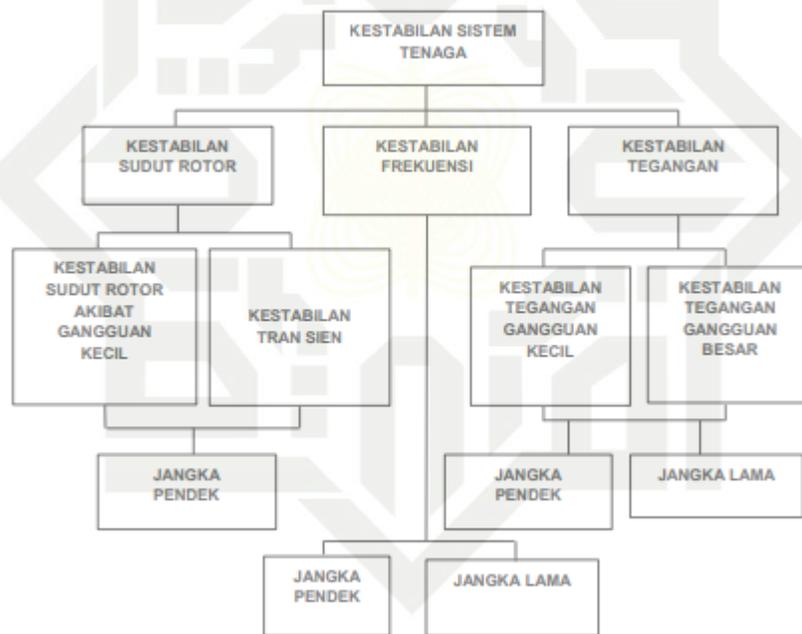
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

gangguan hubung singkat. kemudian melakukan simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa pada titik gangguan 1% dan 100% untuk menganalisis besar arus gangguan hubung singkat 3 fasa yang terjadi sebagai opsi pengembangan di penelitian ini. Oleh sebab itu riset ini diharapkan mampu sebagai rujukan dalam menganalisis kedip tegangan gangguan hubung singkat pada penyulang Sungayang di PT PLN (PERSERO) ULP Batusangkar.

2.2 Klasifikasi Kestabilan

Berdasarkan paper *IEEE Transactions On Power Systems* dengan judul *Definition and Classification of Power System Stability*, ada 3 kategori untuk kestabilan sistem tenaga listrik, yaitu: Kestabilan tegangan, Kestabilan sudut rotor, dan Kestabilan frekuensi. Berikut penjelasan masing-masing klasifikasi kestabilan.[10]



Gambar 2. 1 Klarifikasi Sistem Tenaga [10]

a. Kestabilan Frekuensi

Kestabilan frekuensi pada sistem tenaga dapat melindungi saat adanya gangguan besar karena kesenjangan antara suplai beban dan daya. Umumnya masalah ini adanya pergantian pemangkit atau beban yang relevan[11]. Kestabilan beban dan suplai daya sistem harus dipertahankan agar sistem dari generator *outage* dapat terjaga. Klasifikasi kestabilan dibagi 2 yaitu jangka pendek dan jangka panjang. Kestabilan waktu singkat terjadi adanya perubahan besar pada beban sehingga untuk memenuhi kebutuhan pada sistem generator tersebut tidak mampu. Sedangkan jangka panjangnya diakibatkan oleh gangguan pada kontrol *governor* yang



menyebabkannya bekerja tidak baik. Durasi jangka panjang adalah puluhan detik sampai beberapa menit.

b. Kestabilan Tegangan

Kestabilan tegangan merupakan upaya sistem tenaga untuk melindungi saat adanya gangguan tegangan pada semua bus sistem agar normal. Kemampuan untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan beban dan suplai daya. Pada umumnya gangguan diakibatkan kapasitas generator dan lepasnya beban yang signifikan yang menyebabkan drop tegangan[10]. Stabilitas tegangan dipengaruhi dalam jangka pendek dan panjang oleh gangguan besar dan kecil.

Kestabilan tegangan pada gangguan besar adalah kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan tegangan agar stabil setelah gangguan besar seperti kegagalan generator dan hubung singkat[19]. Penentuan dilakukan dengan menguji sistem kelistrikan selama periode tertentu untuk melihat koneksi dan kinerja pengubah tap transformator beserta keamanan sistem kelistrikan jika gangguan terjadi.

Stabilitas tegangan gangguan kecil digunakan guna memprediksi *respons* terhadap perubahan pada beban listrik. Gangguan stabilitas jangka pendek menyebabkan kedip tegangan

Kedip Tegangan (*voltage sag*) adalah fenomena dimana besarnya tegangan efektif berkurang nilai nominalnya dengan durasi 0,5 siklus sampai 1 menit. Fenomena Kenaikan tegangan dimana tegangan RMS meningkat sampai nilai nominalnya dengan durasi 0,5 siklus sampai 1 menit. Stabilitas jangka panjang menyebabkan kelebihan tegangan dan kekurangan tegangan. *Overvoltage* didefinisikan sebagai peningkatan nilai efektif tegangan hingga melebihi 110% dari tegangan nominal selama lebih dari satu menit. *Undervoltage* didefinisikan sebagai penurunan nilai efektif tegangan menjadi lebih dari 90% dari tegangan nominal jika berlangsung lebih dari satu menit.

c. Kestabilan Sudut Rotor

Kestabilan sudut rotor adalah kemampuan dari beberapa mesin sinkron yang saling terhubung dalam sistem kelistrikan untuk mempertahankan kondisi sinkron setelah terjadi gangguan. Stabilitas ini mengacu pada kemampuan untuk menjaga keseimbangan antara torsi elektromagnetik dan torsi mekanis dimesin apapun. Ketidakstabilan ini dapat menyebabkan kecepatan sudut generator berubah sehingga menyebabkan generator kehilangan sinkronisasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

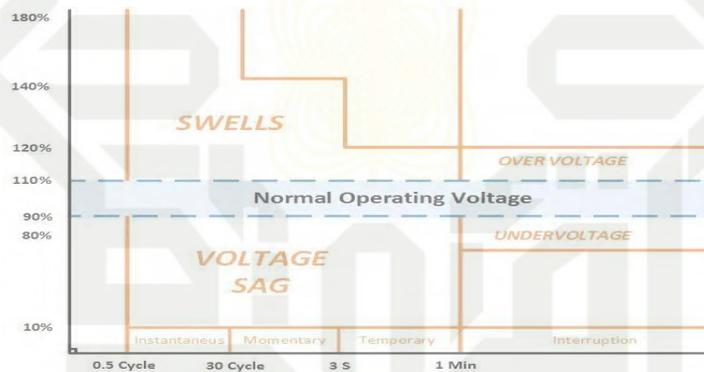
generator lainnya. Itu karena daya keluar dari generator berubah ketika sudut rotor berubah[17].

2.3 Standar Tegangan

Pada standar tegangan, ada dua standar yang digunakan. Ketika tegangan sistem sudah stabil maka standar tegangan yang digunakan adalah standar PLN yaitu:

- a. 500 kV + 5%,
- b. 150 kV + 5%,
- c. 110 kV + 5%,
- d. 20 kV + 5%,

Pada kedip tegangan dipakai standar IEEE 1159-195. Gambar 2.2. dibawah menjelaskan standart kedip tegangan. Dimana toleransi hanya 10% Untuk *instantaneous* selama 30 *cycle*, untuk *momentary* 3 detik, dan untuk *temporary* 1 menit.



Gambar 2. 2 Definisi Voltage Magnitude Event [12]

2.4 Definisi Kedip Tegangan

Kedip Tegangan adalah turunnya nilai tegangan RMS sementara yang disebabkan oleh hubungan singkat, kelebihan beban, dan arus start motor yang tinggi. Kedip tegangan dianggap penting terutama hal itu menimbulkan masalah pada perangkat seperti VSD, perangkat kontrol proses, dan komputer. Salah satu yang dapat menurunkan kualitas kelistrikan ialah Kedip tegangan pada jaringan distribusi, sebab biasanya fluktuasi tegangan akibat penurunan kinerja sistem distribusi dipengaruhi oleh tegangan, dan sangat sensitif kepada fluktuasi *voltage*. Kedip tegangan pada sistem diakibatkan dari beban industri yang menyebabkan berubahnya tegangan, antara lain tungku busur serta pengasutan motor dan gangguan hubung singkat pada sistem. Kedip tegangan akibat pengasutan motor industri dan penurunan tegangan dikarnakan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan biasanya sekitar beberapa detik saja, setelah itu tegangan kembali semula. fenomena ini disebut kedip tegangan.

Kedip tegangan dapat terjadi karena dua hal, yaitu: Pertama, ada korsleting di jaringan sistem tersebut; Kedua, berubahnya beban tiba-tiba (misalnya : pengasutan motor induksi dan *switching*). Pada komponen lain juga bisa mengakibatkan Penurunan tegangan, terhadap perangkat yang sensitif pada perubahan yang terjadi.[22]

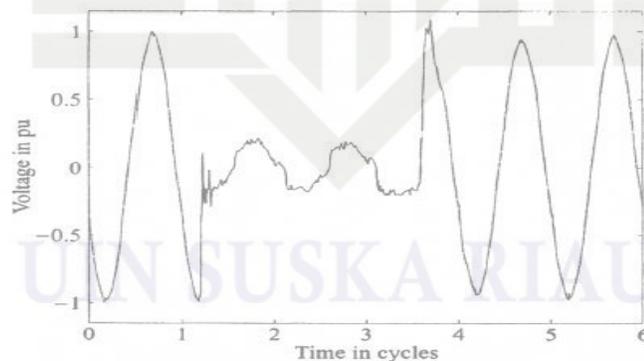
Kedip tegangan juga dapat disebabkan oleh berbagai hal antara lain, yaitu:

- a. Biasanya disebabkan oleh kerusakan pada sistem, seperti gangguan hubung singkat. Gangguan yang sering terjadi pada sistem adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, fasa-fasa dan tiga fasa.
- b. Kerusakan pada saluran sistem distribusi, misalnya kecelakaan saat terjadi tegangan listrik, petir, atau benda jatuh yang membuat gangguan mempengaruhi tanah.
- c. Berubahnya beban yang berlebihan/melebihi batas kapasitas jaringan listrik.

Pengasutan motor (*motor starting*) atau perubahan beban besar secara mendadak juga bisa menyebabkan kedip tegangan.

2.5 Tegangan Kedip Akibat Gangguan Hubung Singkat

Pada gambar 2.2 merupakan contoh kedip tegangan yang disebabkan oleh hubung singkat.



Gambar 2. 3 Kedip Tegangan Karena Hubung Singkat [20]

Hubung singkat adalah gangguan yang disebabkan oleh hubungan langsung tanpa beban antar penghantar bertegangan dan tidak bertegangan. Listrik yang didistribusikan ke konsumen melalui sistem tenaga listrik dari pembangkit sampai ke konsumen. Oleh karena itu, saluran distribusi ialah elemen dari saluran listrik yang paling dekat dengan masyarakat. Saluran



Distribusi dipecah membentuk dua elemen, merupakan saluran distribusi primer dan saluran distribusi sekunder. Tegangan distribusi primer yang digunakan PLN adalah 20 kV, 12 kV, 6 kV. Saat ini, tegangan distribusi primer yang cenderung dikembangkan oleh PLN sebesar 20 kV. Tegangan jaringan distribusi primer diturunkan menjadi tegangan 380/220 V di gardu distribusi dan disalurkan ke konsumen melalui jaringan tegangan rendah.

Selama pengoperasian sistem kelistrikan sering terjadi gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Gangguan tersebut memunculkan hambatan pada sistem operasi penyaluran energi listrik. Terjadinya gangguan pada jaringan listrik yang mengubah arah aliran arus listrik disebut segai gangguan pada peralatan listrik. Menurut standar ANSI/IEEE Std. 100-1992, gangguan adalah suatu keadaan dimana fisik yang diakibatkan peralatan atau objek yang tidak berfungsi dengan baik. [20]. Guna menyelesaikan masalah ini, harus melakukan analisis hubung singkat guna menetapkan rangkainya proteksi yang cocok untuk sistem tenaga listrik. Analisa hubung singkat adalah analisa adapun mengkaji pengaruh hubung singkat yang dapat terjadi pada setiap cabang sistem (jaringan distribusi, transmisi, transformator daya atau pembangkit) sewaktu gangguan hubung singkat yang dapat terjadi pada sistem tenaga listrik[24].

Terputusnya hubung singkat pada kelangsungan suplai listrik ke konsumen apabila gangguan tersebut menyebabkan terputusnya suatu rangkaian listrik atau pada keluaran unit pembangkit, terjadi penurunan tegangan yang cukup besar sehingga menimbulkan kualitas energi listrik yang rendah dan menghalangi pengoperasian listrik secara baik terhadap pelanggan, dapat merusak terhadap komponen. Masalah tersebut bisa bersifat sementara atau permanen. Sebagian besar kesalahan transien dilindungi oleh pemutus arus (CB) serta alat-alat yang lain. Gangguan permanen ialah yang dapat merusak sistem secara permanen. berupa kegagalan isolasi, rusaknya konduktor, rusaknya komponen pada trafo atau kapasitor. Sebagian besar gangguan peralatan mengakibatkan hubung singkat. Menurut standar IEC 909, hubung singkat diklasifikasikan dengan besarnya (maksimal dan minimal) pada jarak ke titik gangguan. Hubung singkat minimum memastikan pengaturan alat proteksi, sedangkan hubung singkat maksimum memastikan rating peralatan.[21]

2.6 Teori Hubung Singkat Sistem Distribusi 20kV

Hubung singkat adalah keadaan abnormal antara suatu koneksi antara satu konduktor ketanah maupun konduktor lainnya yang diberi kepada pelanggan dari sistem tenaga listrik.



Ada beberapa bagian subsistem didalam suatu sistem ketenagalistrikan yakni pembangkit, distribusi dan transmisi. Jaringan distribusi sangat penting bagi masyarakat. Karena listrik dapat disalurkan kepada masyarakat melalui jaringan distribusi tersebut.

Distribusi terbagi dua yaitu primer dan sekunder. Tegangan distribusi primer cenderung dikembangkan oleh PLN sebesar 20 kV. Tegangan pada jaringan distribusi primer diturunkan menjadi tegangan rendah 380/220 V oleh gardu distribusi dan disalurkan kembali ke konsumen melalui jaringan tegangan rendah. selama pengoperasian gangguan sering terjadi pada sistem tenaga listrik, yang dapat mengganggu penyaluran tenaga listrik ke pelanggan, gangguan tersebut merupakan penghambat bagi pengoperasian sistem penyaluran energi listrik. Gangguan di dalam peralatan listrik didefinisikan sebagai gangguan pada sistem kelistrikan yang menyebabkan arus listrik mengalir tidak menentu. Gangguan merupakan kondisi abnormal yang diakibatkan gagalnya perangkat atau komponen yang tidak beroperasi terhadap tugasnya. [27].

Gangguan hubung singkat salah satunya mengakibatkan rugi bagi konsumen, dan mengakibatkan putusnya suatu rangkaian, serta bisa mengakibatkan gagalnya suatu sistem dalam mengoperasikan peralatan sehingga alat tersebut bisa cacat bahkan rusak. Gangguan tersebut dapat bersifat sementara atau permanen. Sebagian besar kesalahan transient dilindungi oleh Pemutus Tenaga atau pelindung yang lainnya. [29].

2.7 Parameter Pendukung

a. Perhitungan Impedansi

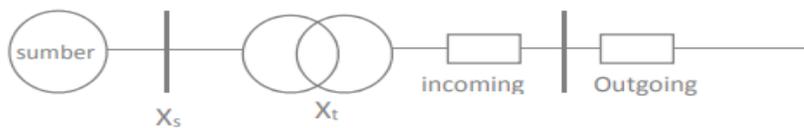
Impedansi terdiri dari 3 macam yaitu:

1. Impedansi urutan positif (Z_1), yaitu impedansi pada arus urutan positif.
2. Impedansi urutan negatif (Z_2), yaitu impedansi pada arus urutan negatif.
3. Impedansi urutan nol (Z_0), yaitu impedansi pada urutan nol.

Saat menghitung arus hubung singkat, dimulai perhitungan berbagai jenis gangguan pada level tegangan primer gardu induk dan kemudian menghitung dari titik lain yang lebih jauh dari gardu induk. Ini membutuhkan pengetahuan tentang rangkaian impedansi dasar busbar tegangan tinggi, yang juga dapat disebut sebagai impedansi sumber, impedansi tranfo, dan impedansi penyulang.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 4 Sketsa Penyulang Tegangan Menengah[30]

b. Impedansi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber pada sisi bus 20 kV, impedansi sumber untuk bus 150 kV harus dihitung terlebih dahulu. Impedansi pada 150 kV di peroleh dengan menggunakan teori 2.1[30]:

$$Z_s = \frac{kV^2}{MVA} \tag{2.1}$$

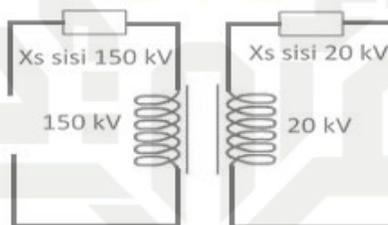
Dimana :

Z_s = Impedansi Sumber (ohm)

kV^2 = Tegangan pada primer trafo tenaga (kV)

MVA = nilai hubung singkat di bus 150 kV (MVA)

Arus gangguan hubung singkat pada 20 kV diperoleh dengan merubah impedansi sumber 150 kV ke 20 kV seperti yang ditunjukkan di gambar 2.5



Gambar 2. 5 Konversi X_s dari 150 kV ke 20 kV[30]

Untuk mengkonversi impedansi yang terletak disisi 150 kV ke sisi 20 kV, dihitung dengan menggunakan rumus 2.2[23]:

$$Z_s \text{ sekunder} = \frac{kV_{\text{sekunder}}^2}{kV_{\text{primer}}^2} \times Z_s \text{ primer} \tag{2.2}$$

c. Impedansi Transformator

Untuk menghitung impedansi pada transformator, nilai reaktansi perlu mengabaikan resistansi karena harganya kecil. Sedangkan mencari nilai impedansi sebuah trafo dapat menggunakan rumus 2.3[30] :

$$Z_t = \frac{kV_{\text{sekunder}}^2}{MVA^2} \tag{2.3}$$

Dimana :

$$Z_t = \text{Impedansi Trafo (ohm)}$$

$$kV_T^2 = \text{Tegangan sisi sekunder (kV)}$$

$$MVA_{AT} = \text{Kapasitas daya trafo tenaga (MVA)}$$

Dari persamaan diatas dapat dicari nilai reaktansinya :

1. Reaktansi urutan positif dan negatif

Untuk menentukan nilai pada reaktansi urutan positif dan negatif dapat menggunakan persamaan 2.4:

$$X_t = \text{Reaktansi} \times Z_t \tag{2.4}$$

2. Reaktansi urutan nol

Dalam melakukan perhitungan reaktansi urutan nol data yang diambil dari spesifikasi trafo pada tabel 3.2 dimana mempunyai belitan Y_{yd} yang biasan belitan Δ ada didalam trafo itu akan tetapi tidak dikeluarkan kecuali satu termal diketanahan. Maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5

$$X_{t0} = 3 \times X_t \tag{2.5}$$

d. Impedansi Penyulang

Untuk menghitung impedansi penyulang, yang penting adalah tingkat impedansi per km dari penyulang yang akan dihitung, dimana nilainya tergantung dari jenis penghantarnya, yaitu dari bahan konduktor terbuat dari apa, serta ukuran dan panjang penampang konduktor.

Selain itu, penghantar juga disebabkan oleh perubahan suhu dan konfigurasi dari *feeder* juga mempengaruhi besarnya impedansi penyulang. lokasi gangguan yang diasumsikan pada titik % dan 100% dari panjang penyulang (km) [30].

Impedansi penyulang dihitung menggunakan rumus:

1. Untuk impedansi penyulang urutan positif dan negatif ($Z_1 = Z_2$)

$$Z_1 = Z_2 = \text{Lokasi gangguan} \times \text{panjang pada penyulang} \times \text{Impedansi positif dan negatif} \tag{2.6}$$

2. Impedansi penyulang urutan nol (Z_0)

$$Z_0 = \text{Lokasi gangguan} \times \text{panjang penyulang} \times \text{Impedansi nol penyulang.} \tag{2.7}$$

e. Impedansi ekuivalen jaringan

Perhitungan yang akan dilakukan di sini adalah menghitung nilai impedansi ekuivalen positif, negatif dan nol dari titik gangguan ke sumber. Karena impedansinya seri antara

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sumber dan gangguan, perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat dilakukan dengan menjumlahkan impedansinya, sedangkan perhitungan Z_{0eq} dimulai dari titik gangguan sampai ke trafo tenaga yang netralnya ditanahkan. Untuk menghitung impedansi Z_{0eq} , rasio belitan transformator harus diketahui terlebih dahulu.

Adapun untuk mendapatkan nilai dari impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif menggunakan persamaan :

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{sumber} + Z_{T1} + Z_{1penyulang} \tag{2.8}$$

- Dimana
- Z_{sumber} = Nilai impedansi pada sisi tegangan 20 kV (ohm)
 - Z_{T1} = Nilai impedansi trafo tenaga urutan positif dan negatif (ohm)
 - $Z_{1penyulang}$ = Nilai impedansi positif dan negatif pada penyulang (ohm)

Sedangkan untuk menghitung ekuivalen urutan nol menggunakan rumus 2.9

$$Z_{0ek} = Z_{T0} + 3 R_n + Z_{0 penyulang} \tag{2.9}$$

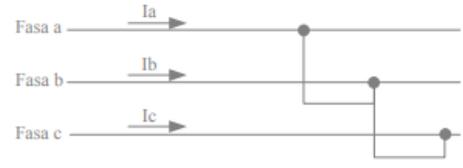
- Dimana :
- Z_{T0} = Nilai Impedansi Urutan nol pada trafo (ohm)
 - $3 R_n$ = Nilai tahanan pentanahan pada trafo (ohm)
 - $Z_{0 penyulang}$ = Nilai Impedansi Urutan nol pada penyulang (ohm)

f. Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Nilai pada arus gangguan hubung singkat menggunakan rumus dasar. Menghitung arus maksimum, minimum, dan tegangan pada berbagai lokasi gangguan hubung singkat adalah tujuan dari perhitungan hubung singkat. Hal ini memungkinkan pemilihan desain keselamatan, relai, dan pemutus tenaga yang sesuai untuk melindungi sistem dengan cepat dari kondisi abnormal.

1. Perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa

Gangguan ini merupakan bagian dari gangguan simetris, dan ketika gangguan telah terjadi arus pada tiap-tiap fasanya masih tetap seimbang. Arus hubung singkat tiga fasa dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2. 6 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa [28]

Untuk menentukan arus gangguan hubung singkat tiga fasa menggunakan persamaan 2.10 yaitu :

$$I_{3\text{fasa}} = \frac{V_p}{Z_{1ek}} \quad 2.10 [28]$$

Dimana:

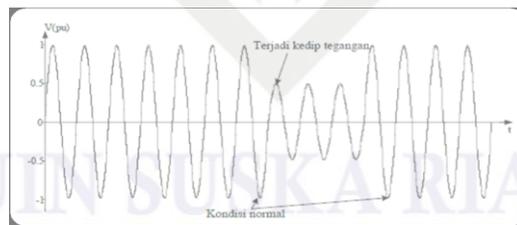
$I_{3\text{fasa}}$ = Arus gangguan hubung singkat tiga fasa (A)

V_p = Tegangan fasa-netral (V)

Z_{1ek} = impedansi urutan positif (ohm)

G. Kedip Tegangan

Kedip tegangan didefinisikan sebagai penurunan tegangan (rms) atau arus pada frekuensi saluran yang berlangsung fluktuasi tegangan 0,5 dan menyebabkan masalah dalam pengoperasian komponen. Karakteristik beban non-linier dari peralatan listrik, fluktuasi tegangan transien akibat sambaran petir, *switching* dari kapasitor dan kedip tegangan dikarenakan kesalahan sistem. Penelitian kualitas daya umumnya meliputi empat bidang, yaitu : Aspek dan konsep dasar, pemantauan dan pengukuran kedip tegangan, pemodelan dan analisis, aplikasi teknik dan penyelesaian masalah. Potensi peningkatan kualitas terutama terjadi pada sistem distribusi. Karena penurunan tegangan, perangkat yang peka terhadap perubahan itu mengalami kegagalan fungsi. [18] Gambar 2.8 dibawah ini merupakan gelombang terjadinya tegangan kedip.



Gambar 2. 7 Gelombang Terjadinya Kedip Tegangan[18]

2.8 ETAP Power Station 12.6.0

Electrical Transient and Analysis Program (ETAP) merupakan program perangkat lunak untuk mensimulasikan suatu sistem tenaga listrik. Secara umum, ETAP dapat mensimulasikan dan analisis suatu sistem tenaga antara lain[25] :

1. Menggambar *Singel Line Diagram* (*One Line Diagram*)
2. Mengatur data-data beban dan jaringan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Menganalisis aliran daya (*Load Flow*)
4. Menganalisis gangguan hubung singkat (*Short Circuit*)
5. Menganalisis kedip tegangan (*Transient*)

Ada dua standar untuk aplikasi ini, standar ANSI dan standar IEC. Simbal dan spesifikasi komponen khusus untuk komponen di *library* ETAP yang membedakan kedua standar tersebut.

2.8.1 Simbol Komponen Pada ETAP

Aplikasi ini memiliki berbagai simbol yang digunakan untuk mengonfigurasi sistem proteksi, pemrosesan data, dan mensimulasikan sistem tenaga termasuk beban, bus, pemutus sirkuit (CB), generator, kabel, motor, jaringan listrik, transformator, dan banyak komponen lainnya. Untuk tampilan dapat dilihat pada gambar berikut:

1. Beban

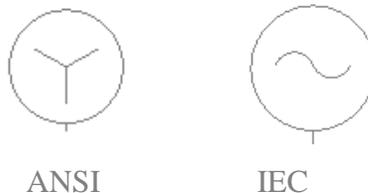
Beban dapat dipahami sebagai daya yang menggunakan atau menyerap daya yang berasal dari jaringan listrik. Pada aplikasi ini terdapat satu jenis beban yaitu beban tunggal yang berperan sebagai alat gabungan antara beban statis dan beban motor, dan contonalat yang mengandung motor, magnet dan komponen elektrik untuk mengklasifikasikan alat tersebut kedalam beban dan jenis beban satuan. Beban statis adalah beban yang tidak mengandung banyak motor listrik sehingga tidak dapat mempengaruhi tegangan dalam *start-up*

2. Bus

Bus atau *busbar* menghubungkan beban, trafo, jaringan listrik, dan generator. Level tegangan *bus* ini sebanding dengan tegangan yang terhubung.

3. Generator

Generator berfungsi sebagai sumber listrik. Pada aplikasi ini terdapat perbedaan simbol ANSI dan IEC antara generator. Perbedaan dapat dilihat pada gambar dibawah.



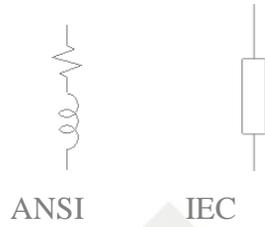
Gambar 2. 8 Simbol Generator[25]

4. Kabel atau Konduktor

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 - a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;
 - b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ⓢ Kabel merupakan suatu sarana penyaluran daya listrik ke seluruh sistem tenaga listrik, baik itu dari pembangkit sampai ke pelanggan.



Gambar 2. 9 Simbol Kabel[25]

5. Power Grid

Power grid bisa dimaknai menjadi tegangan yang stabil dan efisien, namun daya yang dikonsumsi lumayan luas. *Power grid* ini berupa gardu induk atau pembangkit yang memiliki luas penyimpanan yang besar dalam sistem tenaga listrik. simbol aplikasi ini dapat dilihat seperti gambar dibawah.



Gambar 2. 10 Simbol Pada *Grid*[25]

6. Transformator

Tugas trafo adalah menaikkan atau mengurangi tegangan sistem tenaga listrik. Simbol transformator dibagi menjadi dua bagian, yaitu ANSI atau IEC. simbol yang digunakan pada aplikasi ini yaitu:



Gambar 2. 11 Simbol Trafo[25]

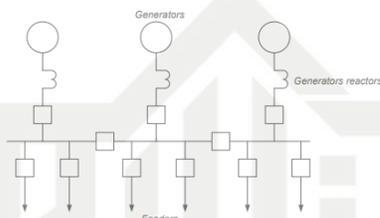
2.9 Penambahan Reaktor

Penambahan reaktor digunakan untuk mengurangi aliran arus ketika terjadinya *short circuit*, tujuannya adalah mengurangi tegangan yang disebabkan oleh hubung singkat pada konduktor, pemutus tenaga, dan peralatan lainnya[31].

2.9.1 © Penempatan Reaktor

Reaktor diklarifikasikan menjadi 3 yaitu: reaktor pembatas arus generator, reaktor pembatas arus busbar dan reaktor pembatas arus busbar pembatas arus feeder[34].

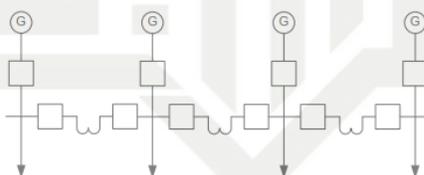
1. Reaktor pembatas arus generator, biasanya digunakan pada generator yang memiliki nilai reaktansi dan terhubung langsung dengan busbar. Tujuan adalah untuk menghetikan arus gangguan dari generator yang mencapai busbar.



Gambar 2. 12 Reaktor Generator [33]

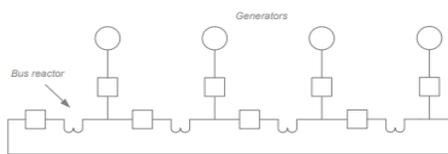
2. Reaktor pembatas arus busbar digunakan apabila beberapa feeder dan sumber tenaga yang penting terkonsentrasi hanya pada satu bus, oleh karena itu busbar harus diisolasi/dipisahkan satu sama lain, agar gangguan tersebut tidak menimbulkan gangguan yang serius pada sistem tenaga listrik. [32]. Ada tiga cara penempatan reaktor arus busbar yang banyak digunakan yaitu:

- a. Sistem *Straight bus*



Gambar 2. 13 Sistem *Straight bus* [32]

- b. Sistem *ring bus*



Gambar 2. 14 Sistem *ring bus* [32]

- c. Sistem *Star bus*

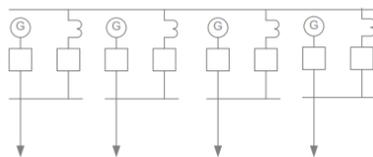
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

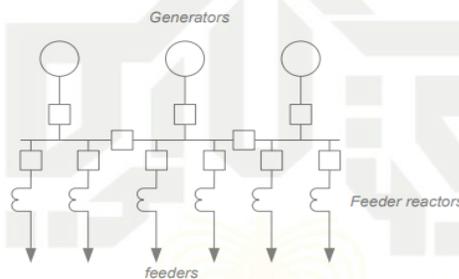
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 15 Sistem *Star bus* [32]

3. Reaktor pembatas arus *feeder* yang ditempatkan pada *outgoing feeder* tujuannya adalah untuk membatasi besarnya arus hubung singkat yang terjadi. Reaktor dapat dihubungkan secara seri dengan penyulang-penyulang seperti pada gambar 2.16



Gambar 2. 16 Reaktor Penyulang [33]

2.9.2 Perhitungan Reaktansi Reaktor

Untuk mengetahui nilai dari reaktansi reaktor yang digunakan dapat menggunakan rumus:

$$X_R = \frac{V_s}{\sqrt{3}} \times \left(\frac{1}{I_{sCa}} - \frac{1}{I_{sCb}} \right) \quad (2.11)$$

Karena menghitung hubung singkat sesuai standar IEC 60909, faktor tegangan maka menjadi :

$$X_R = \frac{cV_s}{\sqrt{3}} \times \left(\frac{1}{I_{sCa}} - \frac{1}{I_{sCb}} \right) \quad (2.12)$$

Dimana:

X_R = Reaktansi Reaktor

V_s = Tegangan Nominal *line to line* (Volt)

C = Faktor Tegangan

I_{sCa} = Arus Hubung Singkat setelah melewati reaktor (Ampere)

I_{sCb} = Arus Hubung Singkat Sebelum melewati reaktor (Ampere)

Tabel 2. 1 Faktor Tegangan [8].

Nominal Voltage Un	Voltage factor c for the calculation of	
	maximum S-C Current	minimum S-C Current
Low Voltage 100 V to 1000 V	1.05	0.95
Medium Voltage >1kV to 35 kV	1.1	1

2.10 Aliran Daya Listrik

Aliran daya listrik merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif maupun daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik jaringan listrik pada keadaan operasi normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang [37] pada penelitian yang akan diasumsikan dari simulai aliran daya untuk mengetahui

%pembebanan pada saat kondisi beban puncak dengan persamaan berikut

$$\% \text{pembebanan} = \frac{I_{\text{beban}}}{I_{\text{Nom_Trafo}}} \times 100$$

(2.13)

I_{beban} = Nilai arus beban (A)

$I_{\text{Nom_trafo}}$ = Nilai arus Nominal (A)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Pada penelitian yang akan dicoba menggunakan langkah yang dipakai dan dikembangkan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Dengan didukung oleh penggunaan data mengenai arus gangguan hubung singkat di PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar.

Pada penelitian ini akan difokuskan pada analisis kedip tegangan di *feeder* Sungayang yang ada di PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar meliputi pengaruh kedip tegangan yang terjadi pada *feeder* Sungayang serta malakukan penambahan reaktor sebagai solusi dalam mengoptimalkan kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat. setelah itu mencoba langkah-langkah simulasi dengan memakai *software* ETAP 12.6.0 meliputi penggambaran *single line diagram*, simulasi aliran daya, simulasi arus gangguan hubung singkat pada titik gangguan 1% dan 100%, simulasi kedip tegangan pada titik gangguan 1% dan 100%, juga melakukan analisis percobaan dengan menambahkan reaktor guna untuk meminimalisasikan kedip tegangan yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat 3 fasa.

2.2 Lokasi Penelitian

Riset ini dilakukan pada penyulang 20 kV di PT.PLN (Persero) ULP Batusangkar Gardu Induk Batusangkar yang beralamat Jl. Soekarno-Hatta No.419, Limo Kaum, Lima Kaum, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat. Gardu Induk Batusangkar memiliki 2 unit transformator daya yang menyuplai diwilayah tersebut, dimana trafo 1 berkapasitas 30 MVA, yang menyuplai untuk 3 *feeder* yaitu, *feeder* Sungai Tarab, *feeder* Sungayang dan *feeder* Limo Kaum, kemudian trafo 2 berkapasitas 20 MVA menyuplai ke 2 *feeder* yaitu, *feeder* Express/GH Kota dan *feeder* GH Lintau. Ada pula alasan pemilihan posisi merupakan bagian dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Melakukan analisis kedip tegangan yang terjadi di *feeder* Sungayang akibat gangguan arus hubung singkat dikarenakan cuaca buruk, pohon tumbang, serta ada gangguan dari hewan yang ada didaerah tersebut.
2. Melakukan penambahan reaktor untuk meminimalisasikan kedip tegangan yang terjadi akibat gangguan hubung singkat 3 fasa di *feeder* Sungayang.



3.3 Prosedur Penelitian

Adapun tahapan yang dilakukan oleh peneliti dimulai pada studi literatur yang berhubungan pada penelitian sebelumnya guna meminimalisasikan penelitian yang dilakukan. Kemudian dilakukan pengumpulan data terkait dengan data spesifikasi trafo yang ada di gardu induk, *singel* diagram, data bus, data penyulang, dan data arus gangguan hubung singkat di gardu induk Batusangkar. Setelah itu melakukan perhitungan arus gangguan hubung singkat 3 fasa. Menghitung kedip tegangan 3 fasa. Melakukan simulasi dengan bantuan *software* ETAP. Melakukan simulasi aliran daya, simulasi gangguan arus hubung singkat, simulasi *transient*, dan dilanjutkan menambahkan reaktor baru apakah bisa mengurangi dampak negatif pada saat terjadinya kedip tegangan, setelah semuanya telah dilakukan maka dilanjutkan dengan kesimpulan, saran, dan penelitian selesai. Adapun tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.1

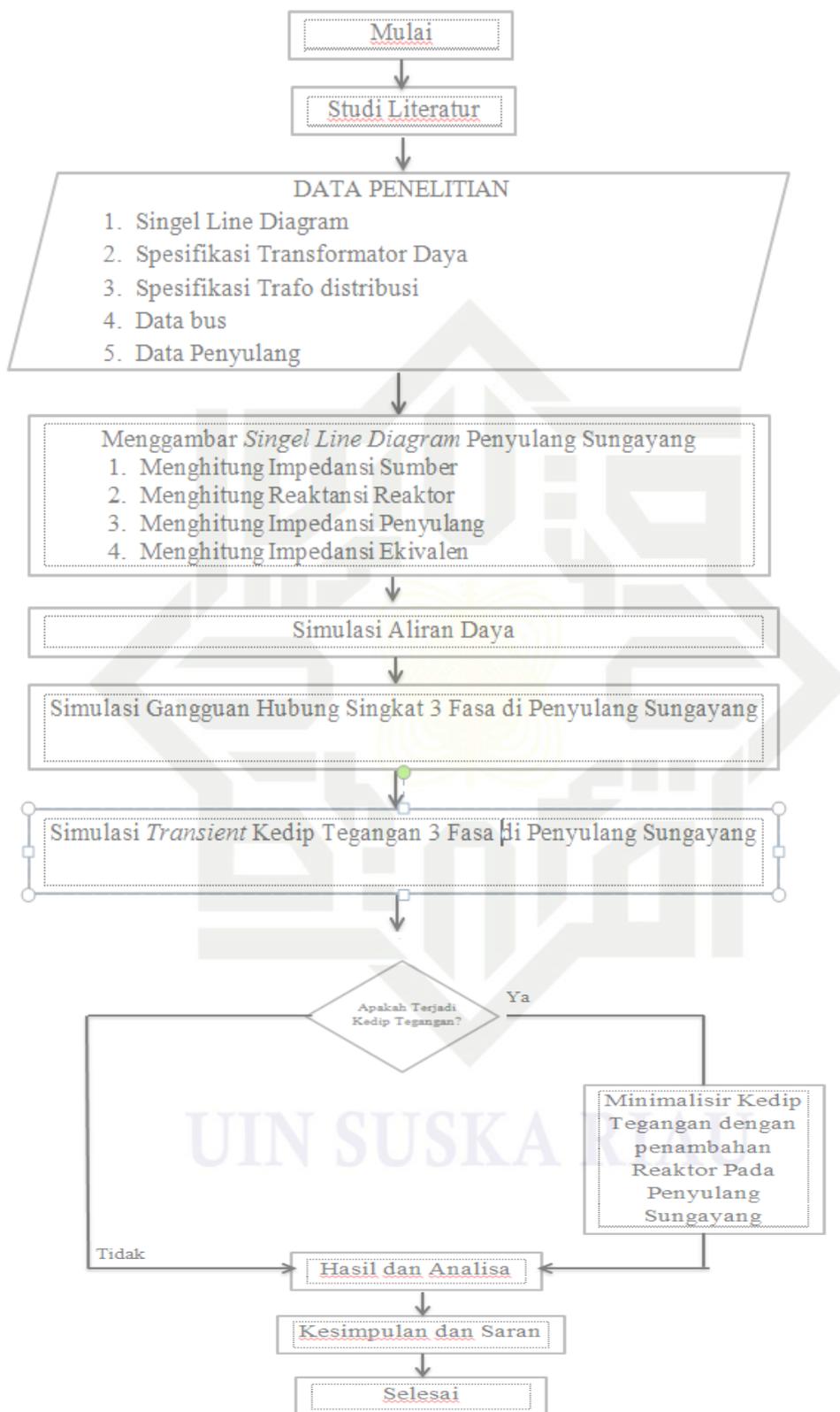
Hak Cipta Ditanggung UIN Suska Riau
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 1 Alur Tahapan Penelitian



3.4 Studi Literatur

Pada tahapan ini ialah pencarian berupa konsep yang berkaitan sama percobaan yang akan dilakukan. Pada studi literatur yaitu mencari data pada penelitian sebelumnya, yang berkaitan dengan jurnal penelitian terdahulu yang telah dicoba juga referensi seperti buku. Lalu pada jurnal juga bisa dicoba dengan menganalisa teori yang sudah digunakan juga teknis yang digunakan. Untuk buku juga digunakan teori yang berkaitan dengan teori lainnya.

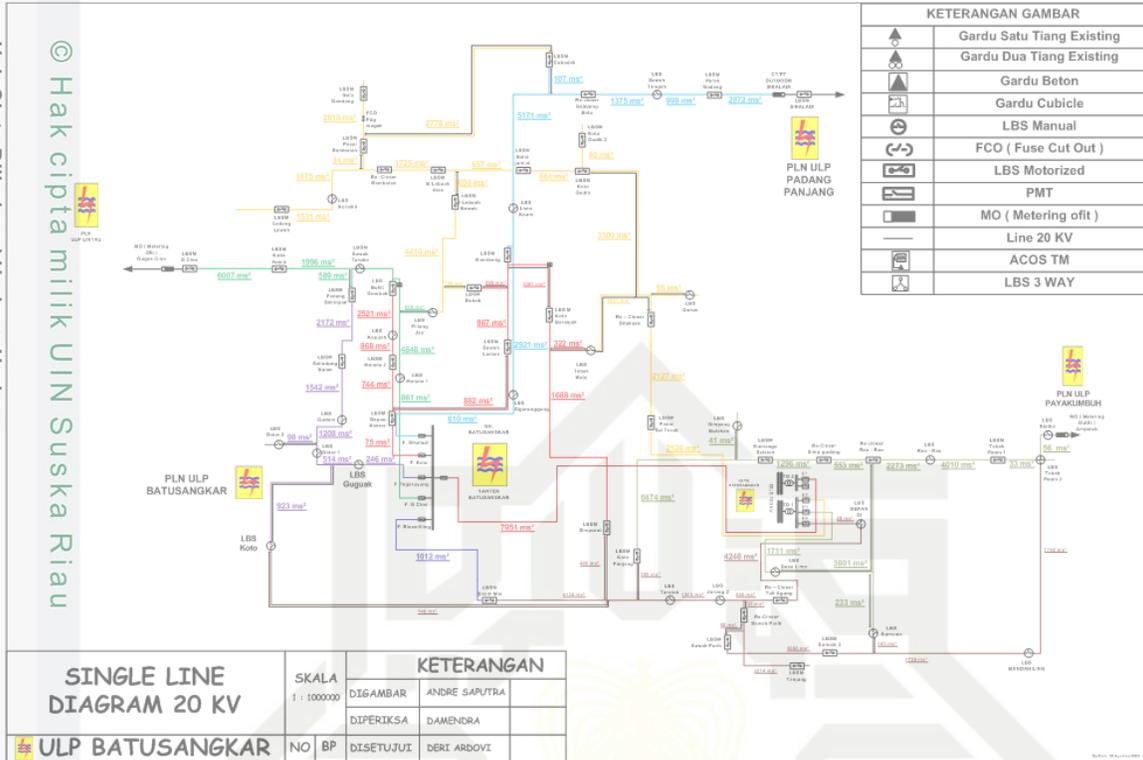
Data Penelitian

Data-data yang telah dikumpulkan yang ada informasi mengenai data sekunder dari bagian pelayanan Listrik Negara (PLN) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Batusangkar juga bagian Gardu Induk Batusangkar. Data yang akan dipakai di penelitian ini yaitu *Single Line Diagram*, spesifikasi Trafo distribusi Unit 1, Penyulang 20 Kv dan beban Penyulang. Adapun data yang didapatkan ialah:

1. *Single line diagram (SLD)* ULP Batusangkar

Single line diagram adalah data yang menggambarkan secara keseluruhan dari konfigurasi jaringan di Gardu Induk Batusangkar. Data ini diperlukan sebagai acuan dalam membuat konfigurasi jaringan pada program ETAP 12.6.0. Gardu induk Batusangkar memiliki dua unit transformator pada area distribusi, kedua unit tersebut memiliki kapasitas 30 MVA dan 20 MVA. Trafo 1 menyuplai untuk 3 feeder yaitu, feeder sungayang, feeder sungai tarab, dan feeder limo sam. Sedangkan unit 2 menyuplai untuk 2 feeder yaitu, feeder Express/GH kota, dan feeder GH pantau. Adapun *single line diagram* yang diambil pada penelitian ini yaitu:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 2 Single line Diagram ULP Batusangkar[14]

Pada dasarnya *single line diagram* ini ialah suatu nilai atau sketsa dari seluruh sistem penghubung yang ada di ULP Batusangkar. Setelah itu dalam merancang konfigurasi jaringan ini digunakanlah suatu data sistem jaringan listrik, maka data bisa tampak ialah dua *feeder* yang menyuplai ke beban antara lain yaitu *feeder* Sungayang dan *feeder* Lima Kaum dengan mempunyai kapasitas trafo masing-masing sebesar 30 MVA.

Dalam proses analisis kedip tegangan yang dilakukan pada *feeder* Sungayang, tujuannya untuk melihat pengaruh kedip tegangan yang terjadi akibat gangguan arus hubung singkat dititik lokasi gangguan 1% dan 100% serta melakukan penambahan reaktor sebagai solusi dalam meminimalisasikan kedip tegangan yang terjadi.

2. Spesifikasi Trafo

Data transformator digunakan untuk mencari impedansi transformator. Pada perhitungan impedansi suatu transformator diambil adalah harga reaktansinya, sedangkan tahananannya diabaikan karena harganya kecil. Spesifikasi transformator akan ditunjukkan oleh tabel 3.1



Tabel 3. 1 Data Transformator[1].

Nama	Keterangan
Merek	UNINDO
MVA H-S Bus 150 kV	2860
Kapasitas	30 MVA
Tegangan Sisi Primer	150 Kv
Tegangan Sisi Sekunder	21 kV
Frekuensi	50 Hz
Reaktansi Trafo	12,5%
NGR Trafo	40 Ω
Rasio T _T	1000/5
Hubungan Belitan	Yyd

3. Trafo Distribusi

Tabel 3. 2 Trafo Distribusi[1]

Nama	Keterangan
Merek	SINTRA
Tegangan Pengenal	400 Volt
Kapasitas	125
Tegangan Sisi Primer	50 kVA
Tegangan Sisi Sekunder	50 kVA
Tegangan hubung Singkat	4.0 %
Bahan Belitan Primer – Sekunder	AL – AL
Jenis Minyak	MINERAL
Cara Pendingin	ONAN
Volume Minyak	135 liter

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



4. Data Bus

Label 3,3 Data bus

Nama	Tegangan
Bus 4	20,946 kV
Bus 5	0,408 kV
Bus 1%	20,908 kV
Bus 219	0,406 kV
Bus 154	0,405 kV
Bus 147	0,405 kV
Bus 149	0,407 kV
Bus 150	0,406 kV
Bus 151	0,408 kV
Bus 204	0, 414 kV
Bus 158	0,416 kV
Bus 209	0,407 kV
Bus 100%	20,851 kV
Bus 217	0,408 kV

5. Data penyulang

Data yang diperlukan dalam hitungan adalah nama *feeder*, beban *feeder*, dan jenis kabel/konduktor.

Label 3,4 Data Penyulang [1]

Nama Feeder	Panjang Feeder (KMS)	Kabel/Konduktor		Beban Puncak (Ampere)	Impedansi	Urutan Positif dan Impedansi Urutan Nol (Ohm / Km)
		Tipe	Penampang mm ²			
Feeder Sungai Yang Kasim Riau	48 Km	A3CS	240 mm ²	38 A	Z ₂ =Z ₁	0,01344+ j 0,3158
					Z ₀	0.2824 + j 1,6034

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada tabel diatas penyulang memiliki jarak 48 Km, sedangkan jenis dan luas penampang digunakan adalah A3CS 240 mm². Untuk meminimalisasi kedip tegangan kedip tegangan yang terjadi pada *Feeder* Sungayang penulis menggunakan impedansi jaringan pada titik 1% dan 100% agar lebih mudah mengetahui posisi gangguan dipangkal penyulang dan diujung penyulang. Untuk beban puncak bisa diketahui ialah titik puncak dalam penggunaan beban sehingga dapat bekerja dengan baik.

Menggambar *Single Line Diagram*

Pada tahap menggambar *Single Line Diagram* ada beberapa tahap yang harus dilakukan. Adapun komponen-komponen yang diperlukan dalam menggambar *Single Line Diagram* seperti, *Power Grid, Circuit Breaker, Bus, Trafo, Switch, kabel, Lumped Load, Fuse*. Dimana komponen ini berguna menjadikan penulis supaya menjadi sederhana ketika melaksanakan penelitian ini. Guna langkah-langkah ini ialah bertujuan untuk menganalisa kedip tegangan yang berjalan. Setelah itu proses berikutnya ialah mencari tahu simulasi aliran daya, simulasi arus masalah hubung singkat di titik lokasi gangguan 1% dan 100%, simulasi kedip tegangan dititik lokasi gangguan 1% dan 100%, sehingga melakukan analisa percobaan menambahkan reaktor guna bisa meningkatkan kedip tegangan yang terbentuk dari dampak masalah pada *feeder* yang bersangkutan atau sebaliknya. Sebelum menggambar singel line diagram dilakukan perhitungan manual yaitu: impedansi sumber, impedansi trafo, impedansi penyulang dan impedansi ekuivalen. Setelah perhitungan manual didapatkan maka akan dilanjutkan proses menggambar *SLD*. Adapun perhitungan dilakukan sebagai berikut

3.6.1 Menghitung Impedansi Sumber

Untuk melakukan perhitungan pada impedansi sumber pada sisi 20kV dihitung terlebih dahulu impedansi pada sisi 150 kV, dapat dicari dengan persamaan 2.1

Kemudian untuk menghitung impedansi sumber pada sisi 20 kV maka dikonversi dari 150kV ke 20 kV dengan menggunakan persamaan 2.2

3.6.2 Menghitung Reaktansi Trafo

a. Besar reaktansi trafo pada Gardu Induk Batusangkar adalah 12,5 %. Untuk mendapatkan nilai reaktansi trafo diketahui dulu nilai reaktansi positif dan negatif dan urutan nol dalam ohm. Maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3

$$Z_t = \frac{kV_{\text{sekunder}}^2}{MVA^2}$$

Kemudian Nilai reaktansi Urutan positif dan negatif dapat menggunakan persamaan 2.4



$X_t = \text{Reaktansi} \times Z_t$

Reaktansi urutan nol

Untuk reaktansi Urutan Nol dapat menggunakan Persamaan 2.5

$$X_{t0} = 3 \times X_t$$

3.3 Menghitung Impedansi Penyulang

Perhitungan impedansi pada saluran distribusi sesuai dengan panjang salurannya. Dimana impedansi distribusi ini terdiri dari impedansi penyulang urutan positif, impedansi urutan negatif, dan impedansi nol. Dimana pada penelitian ini lokasi gangguan pada titik 1% dan 100% x panjang penyulang. dari data yang didapatkan panjang penyulang pada *feeder* sungayang adalah 8 KM menggunakan pengharar jenis Kabel A3C, impedansi kabel urutan positif dan negatif serta urutan nol juga digunakan pada perhitungan impedansi penyulang yang terdapat pada tabel

2. sehingga bisa dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan impedansi urutan positif dan negatif

Dalam perhitungan ini dari gardu induk menuju *feeder* sungayang di titik 1% dan 100% dengan menggunakan persamaan 2.6.

$$Z_1 = Z_2 = \text{Lokasi gangguan} \times \text{panjang pada penyulang} \times \text{Impedansi kabel positif dan negatif}$$

2. Perhitungan impedansi urutan nol

Dalam perhitungan impedansi urutan nol juga sama menggunakan data pada tabel 3.1 dimana perhitungannya berbeda dan menggunakan rumus impedansi urutan nol, maka dapat dihitung dengan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$Z_0 = \text{Lokasi gangguan} \times \text{panjang pada penyulang (km)} \times Z_0 \text{ (ohm)}$$

3.6.4 Menghitung Impedansi Ekuivalen

Dengan menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9 maka didapatkanlah hasil perhitungan impedansi ekuivalen, Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat dihitung dengan titik lokasi gangguan dan dijumlahkan. Dimana persamaannya sebagai berikut:

1. Impedansi Ekuivalen urutan positif dan urutan negatif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8. sebagai berikut:

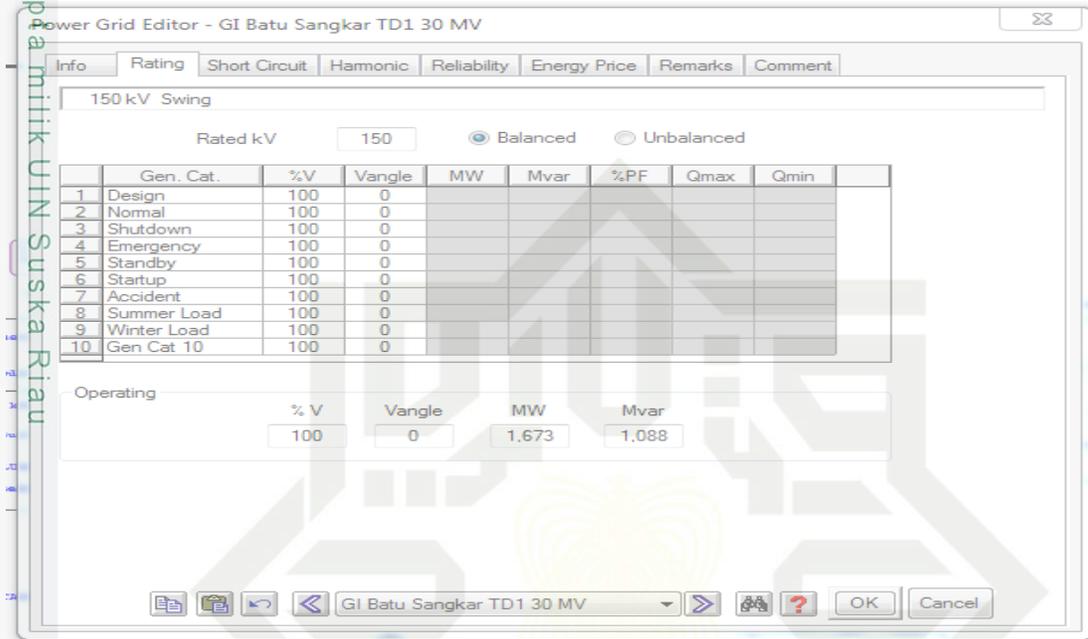
$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{S1} + Z_{t1} + Z_1 \text{ (penyulang)}$$

2. Impedansi Ekuivalen urutan nol dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3 R_N + Z_0 \text{ penyulang}$$

Setelah diakukannya perhitungan diatas maka akan dilakukan penggambar Singel Line Diagram, adapun proses yang dilakukan sebagai berikut:

Power Grid



Gambar 3. 3 Tap Rating pada Power Grid

Langkah pertama untuk menggambar Singel Line Diagram pada penelitian ini adalah *Power Grid* setelah itu mengisi data pada data tab dan rating *Power Grid* sesuai dengan data yang ada ditempat penelitian.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

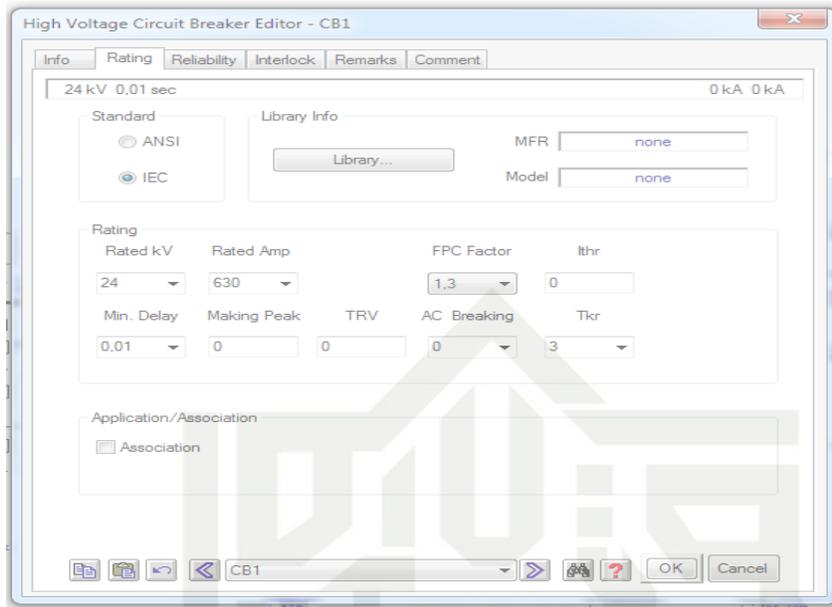
© Tak Boleh Dimiliki UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2. Circuit Breaker

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

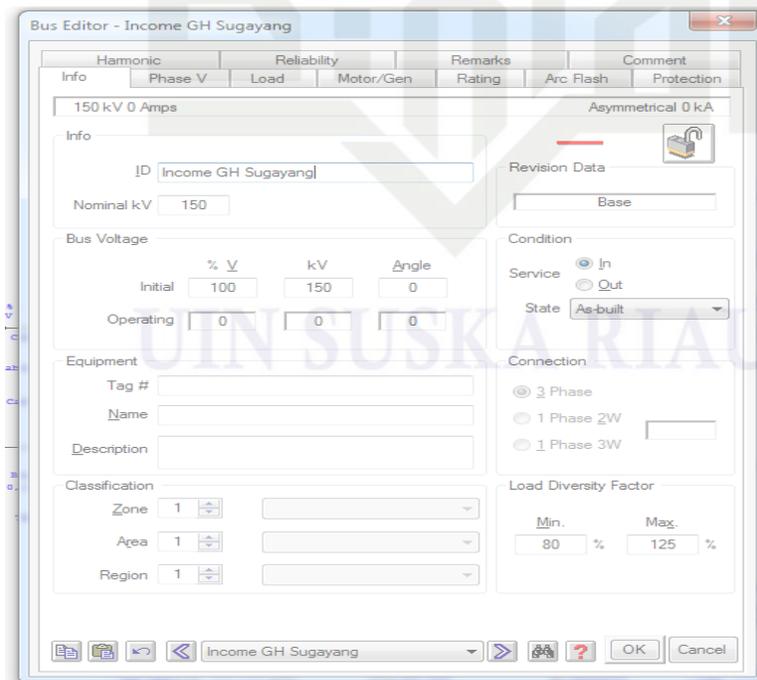


Gambar 3. 4 Tap Rating pada *Circuit Breaker*

Langkah Kedua dalam Menggambar *Singel Line Diagram* pada penelitian ini ialah *Circuit Breaker* kemudian isi rating sesuai dengan data yang ada di tempat penelitian. Standar yang digunakan adalah IEC.

3. Busbar

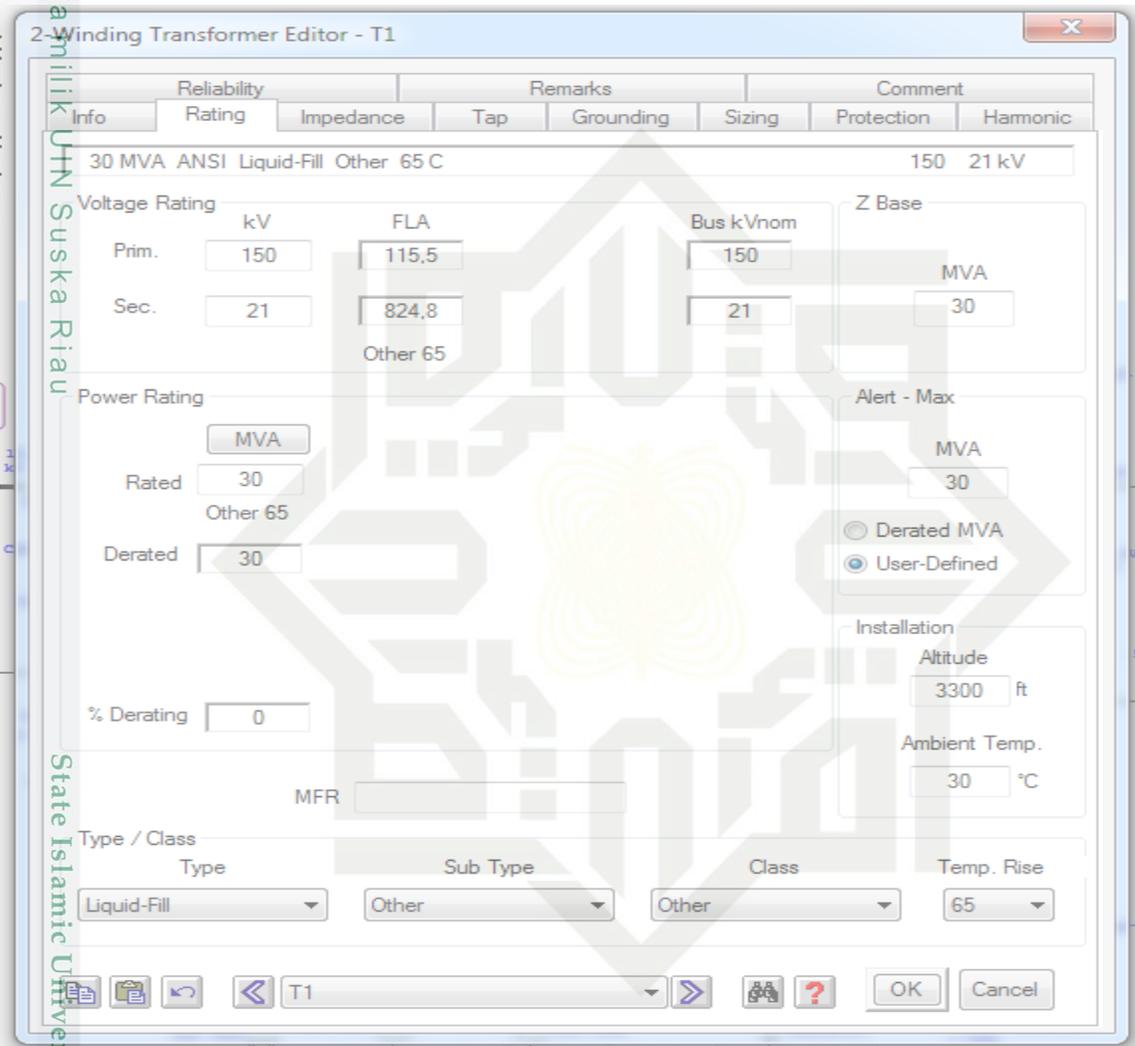
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Gambar 3. 5 Tap Info pada *Bus Editor*

Adapun langkah ketiga dari penggambaran *Singel Line Diagram* pada penelitian ini ialah dengan memasukan komponen busbar pada ETAP dan menghubungkannya dari *power Grid* Ke Busbar dan mengisi data pada Tab info sesuai dengan tempat penelitian

Trafo



Gambar 3. 6 *Tap Rating* pada Trafo

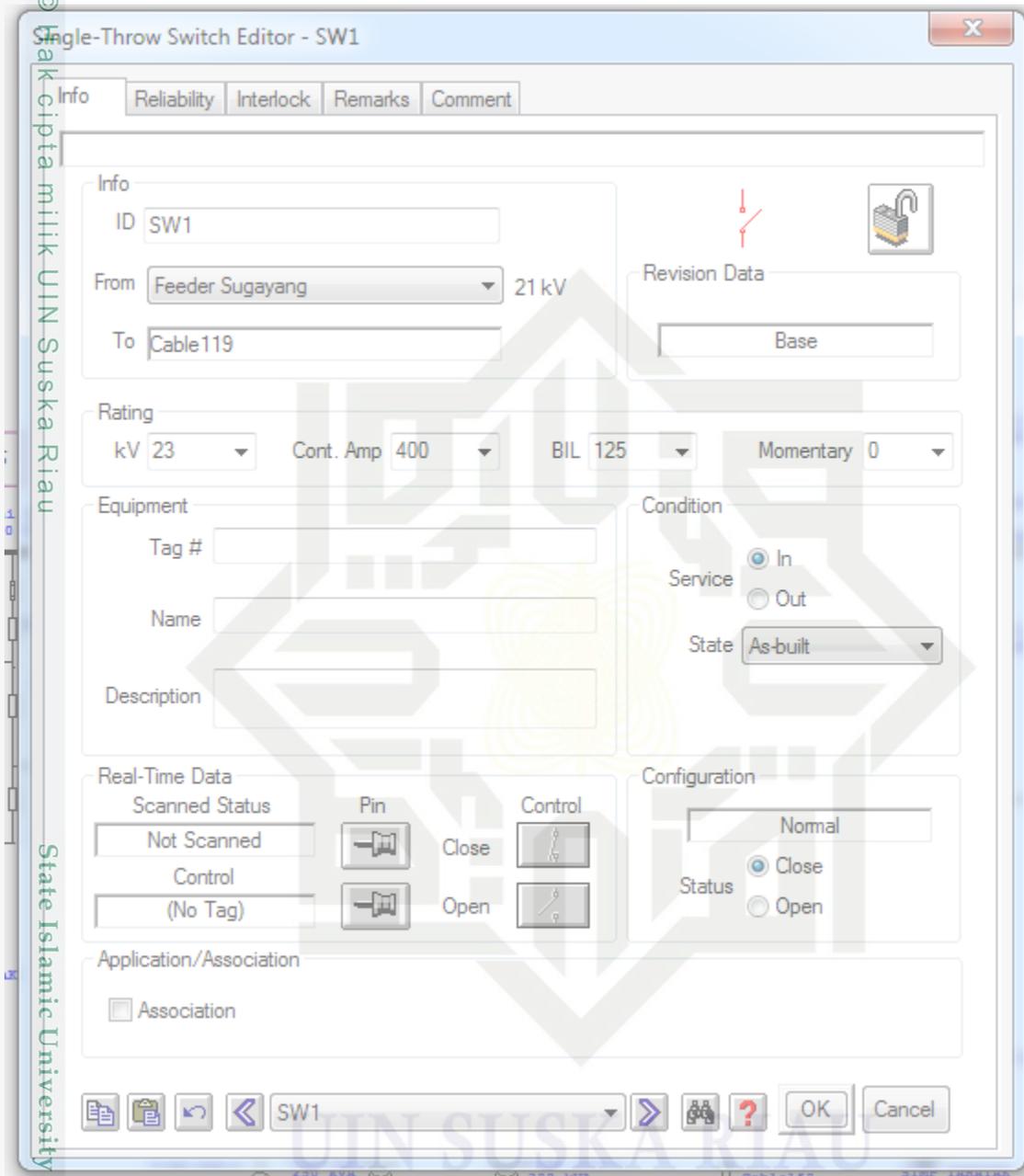
Selanjutnya pada langkah keempat pada penggambaran *Singel Line Diagram* pada penelitian ini adalah dengan memasukan komponen Trafo pada Aplikasi ETAP dan mengisi data *rating* Trafo sesuai dengan data dari tempat penelitian. Kemudian dihubungkan dari bus ke trafo dengan cara ditarik agar terhubung.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Switch

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

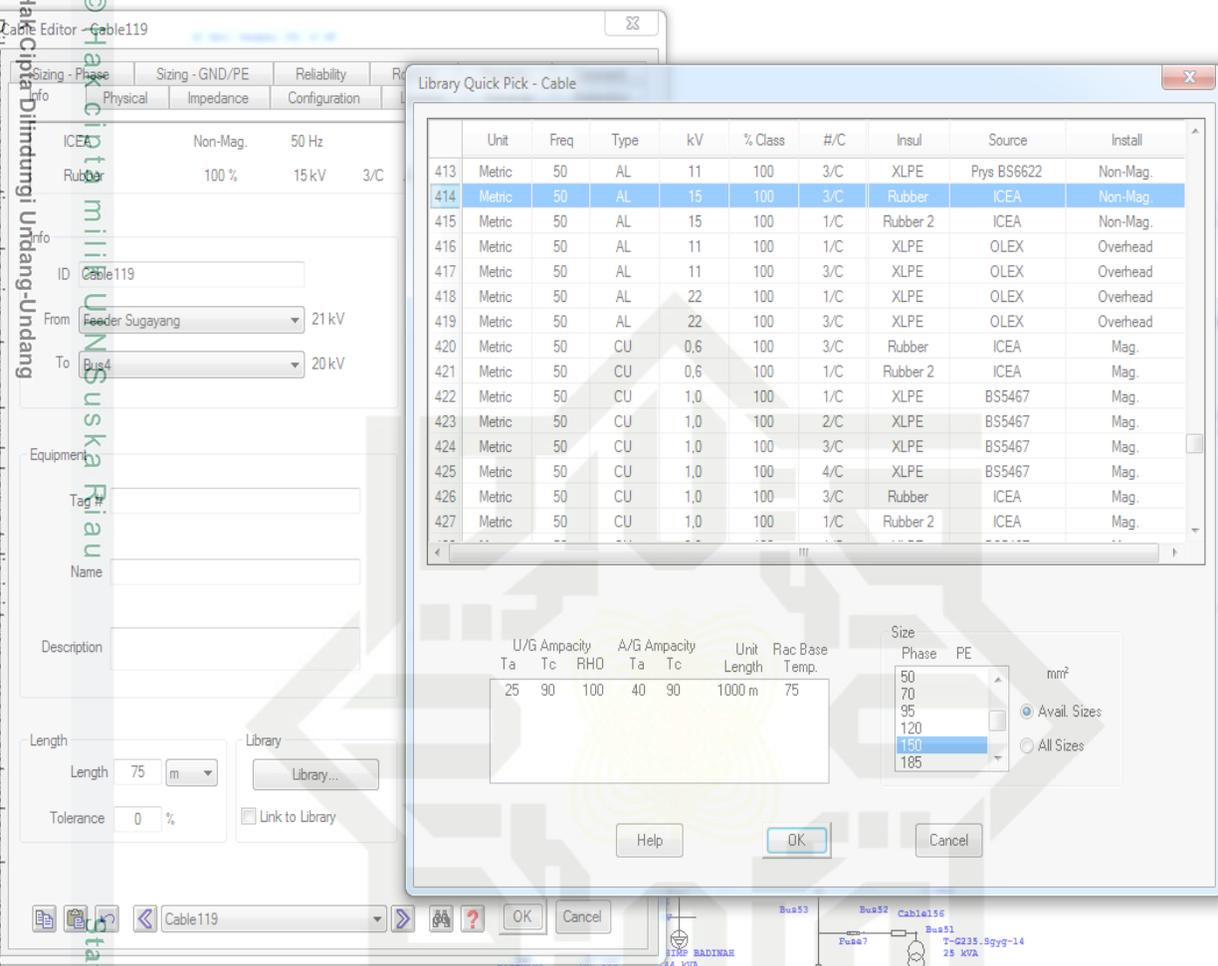


Gambar 3. 7 Tap Info pada Switch

Langkah kelima dari penggambaran Singel Line Diagram pada penelitian ini adalah dengan memasukkan komponen *Switch* yang ada di ETAP dan memasukan data dari tempat penelitian ke tap info, setelah itu dihubungkan kedalam dengan cara ditarik dari ujung *Switch* ke ujung *Bus feeder* Sungayang.

6. Kabel

1. Diarahkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 8 Tap info pada cable

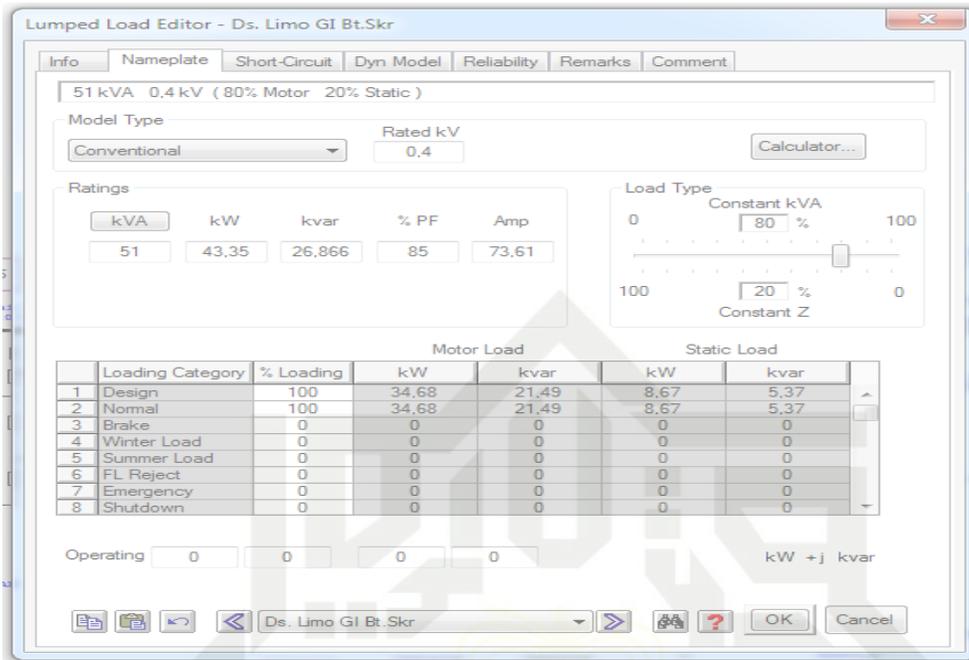
Adapun langkah keenam pada proses penggambaran *Singel Line Diagram* ialah komponen kabel pada ETAP , setelah itu masukan data yang sesuai pada tempat penelitian di tab info. Untuk jenis kabel sesuai dengan yang digunakan oleh PLN. Kemudian dihubungkan dengan cara menarik ujung kabel ke ujung *Switch*.

7. Lumped Load

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

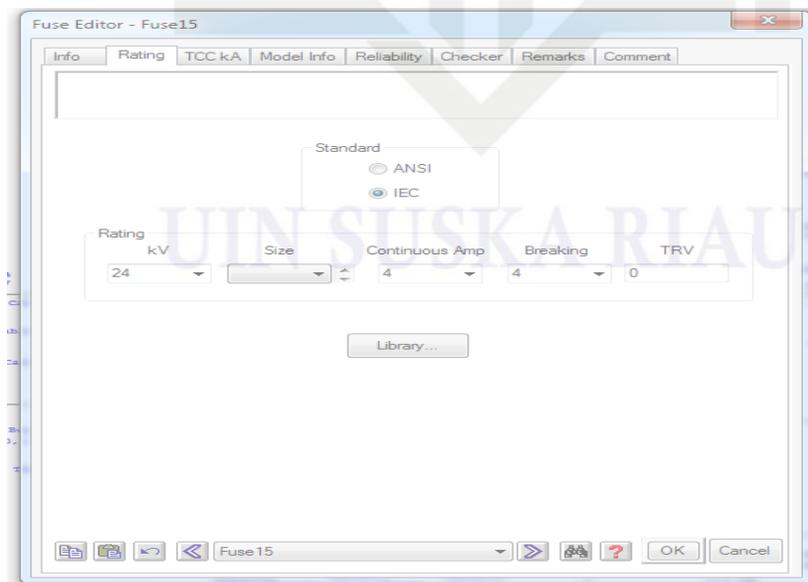
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 9 Tap Nameplate pada Lumped Load Editor

Untuk langkah selanjutnya dalam penggambaran *Singel Line Diagram* yaitu dengan memasukkan komponen *Lumped Load* dan mengisi pada tap *nameplate* sesuai dengan data dari empat penelitian berlangsung. Setelah tarik ujung *Lumped Load* dengan ujung trafo sehingga terhubung.

8. Fuse



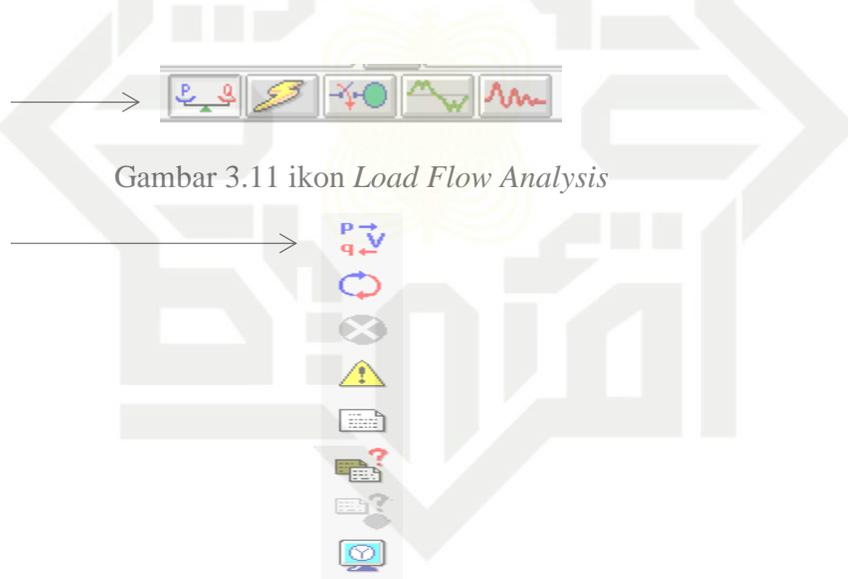
Gambar 3. 10 Tap Rating pada Fuse

Langkah terakhir dalam penggambar *Singel Line Diagram* ialah dengan memasukan komponen *Fuse* di aplikasi ETAP dan mengisi tap pada rating sesuai dengan data yang ada di tempat penelitian. Setelah itu dihubungkan dengan cara menarik ujung *fuse* ke ujung bus maka semua komponen telah siap dirangkai.

Simulasi Aliran Daya

Setelah melakukan penggambaran *Singel Line Diagram* maka tahap selanjutnya adalah melakukan Simulasi Aliran daya yang bertujuan untuk melihat tegangan masuk dan tegangan keluar dari masing- masing komponen yang ada pada ETAP saat kondisi beban puncak. Adapun langkah-langkah melakukan simulasi aliran daya pada titik lokasi 1% dan 100% sebagai berikut

1. Untuk melakukan simulasi Aliran daya langkah pertama yang dilakukan ialah dengan menekan ikon *Load Flow Analysis* kemudian melakukan running dengan menekan ikon *Run*



Gambar 3.11 ikon *Load Flow Analysis*

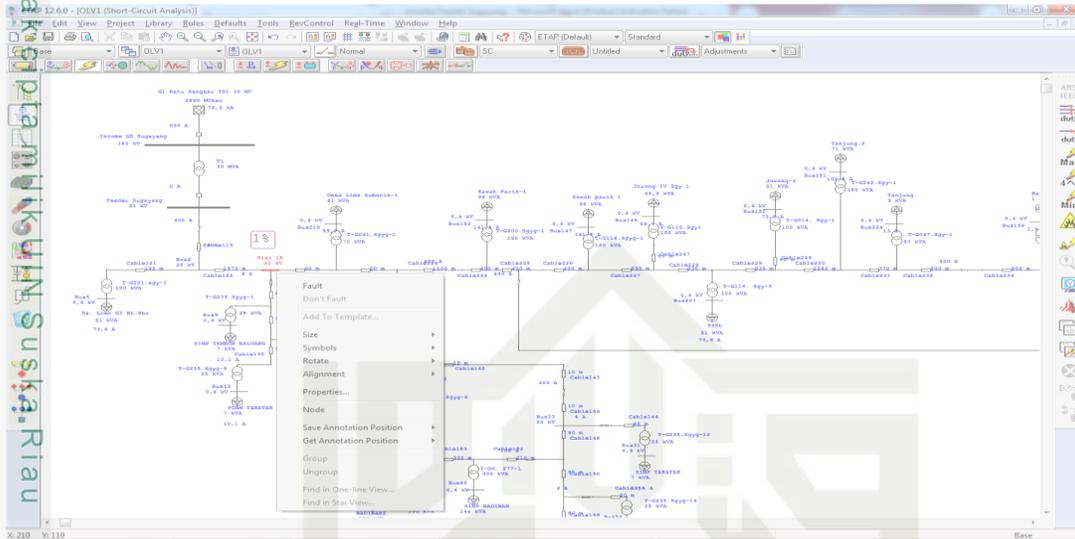
Gambar 3. 11 Ikon *Run Load Flow*

2. Setelah merunningkan simulasi aliran daya kemudian tahap selanjutnya ialah dengan memilih *display Options* pada Aplikasi ETAP.



Gambar 3. 12 Ikon *Display Options*

2. Setelah itu Memberikan Gangguan Hubung Singkat Sebelum merunningkan simulasi, pilih pada sisi 1% kemudian pilih *Fault* agar simulasi bisa dijalankan seperti gambar 3.16



Gambar 3. 15 Fault pada 1%

3. Maka langkah selanjutnya ialah menjalankan simulasi dengan memilih ikon *Run- 3 Phase* pada aplikasi ETAP seperti pada gambar 3.17



Gambar 3. 16 ikon *Run- 3 Phase*

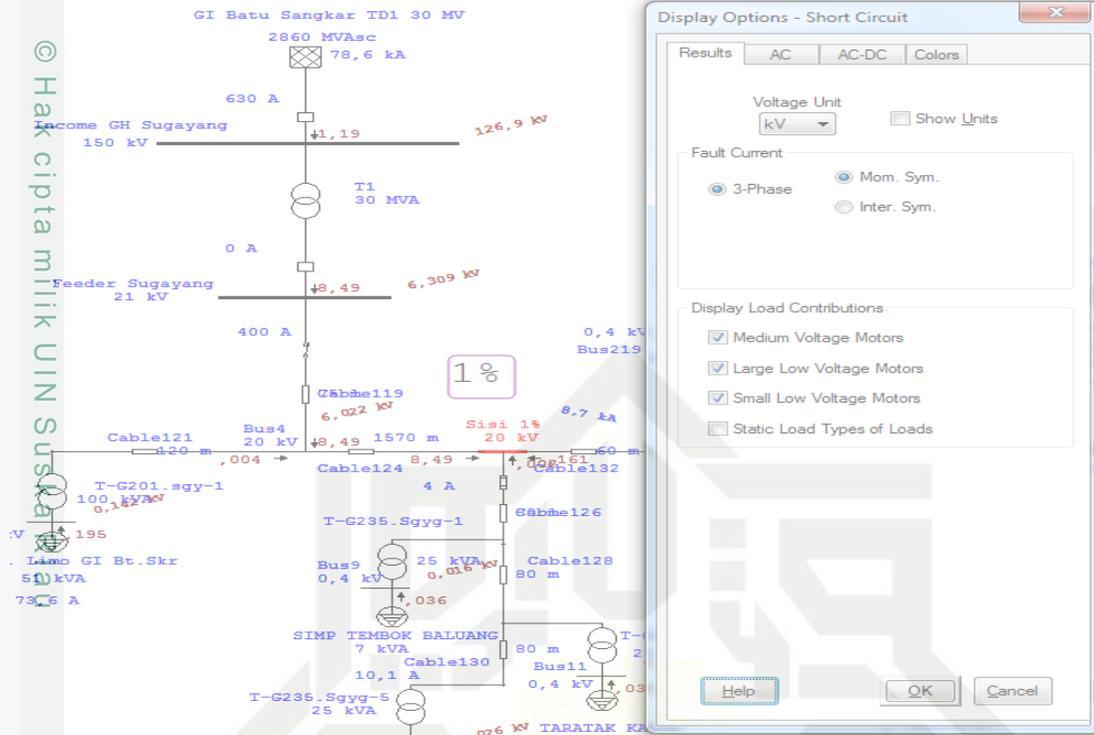
4. Maka hasil dari simulasi dari simulasi hubung singkat 3 fasa pada sisi 1% tegangan akan terlihat tetapi dalam bentuk % kemudian dirubah ke kV dengan memilih *display options* dan hasilnya akan berubah seperti gambar 3.20



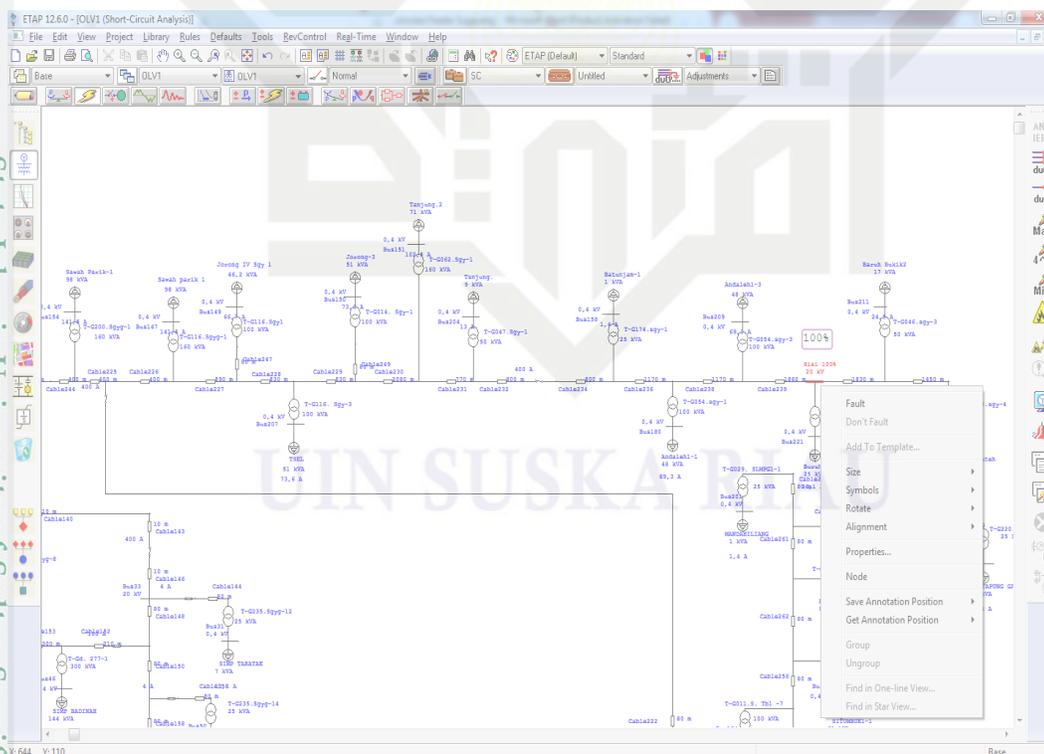
Gambar 3. 17 ikon *display options*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 18 Tap Result pada display options



Gambar 3. 19 sisi 100%

3.9 Simulasi Transient Kedip Tegangan

Proses simulasi kedip tegangan ini dilakukan dengan menggunakan simulasi software PSCAD 2.6.0 dengan konsep *transient* dengan tujuan untuk melihat arus yang mengalami gangguan akibat kedip tegangan dari gangguan hubung singkat. Analisis kedip tegangan ini dilakukan dengan membagikan gangguan hubung singkat. Tujuannya untuk mengetahui kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat pada titik lokasi gangguan 1% dan 100%. Adapun langkah simulasi *transient* pada sisi 1 % dan 100% sebagai berikut:

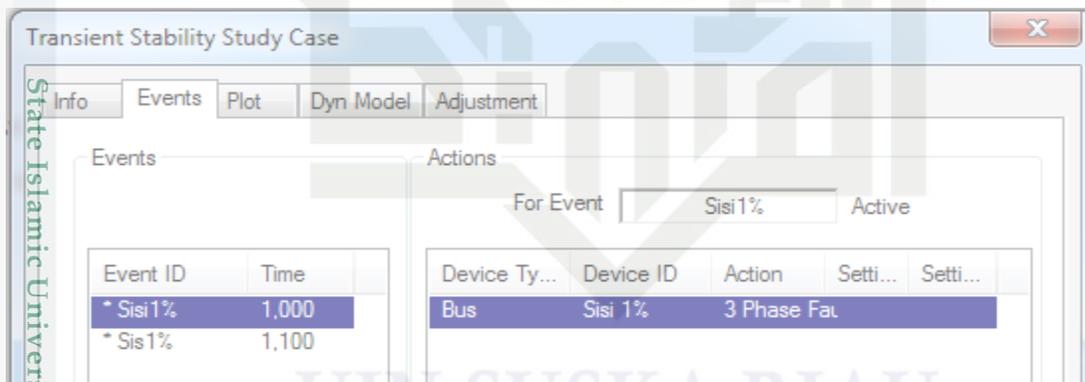
3.9.1 Simulasi Transient kedip tegangan pada titik lokasi gangguan 1%.

1. Langkah pertama yang pertama yang dilakukan adalah memilih ikon *Transient stability analysis* seperti pada gambar 3.21

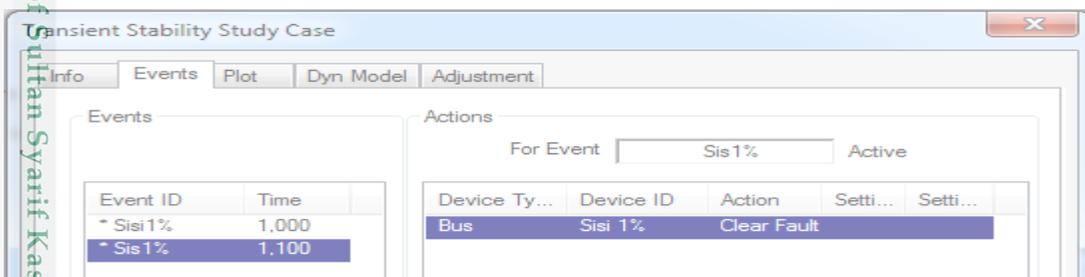


Gambar 3.21 ikon *Transient stability Analysis*

2. Setelah itu pilih *study case*, dimana terdapat 2 bagian yang harus isi yaitu bagian *Event* dan *action*. Pada tahap ini terlebih dahulu yang isi pada bagian event untuk sisi 1%, untuk pemberian waktu simulasi yang diberi pada 1,000 detik dan 1,100 detik seperti pada gambar 3.22 dan 3.23

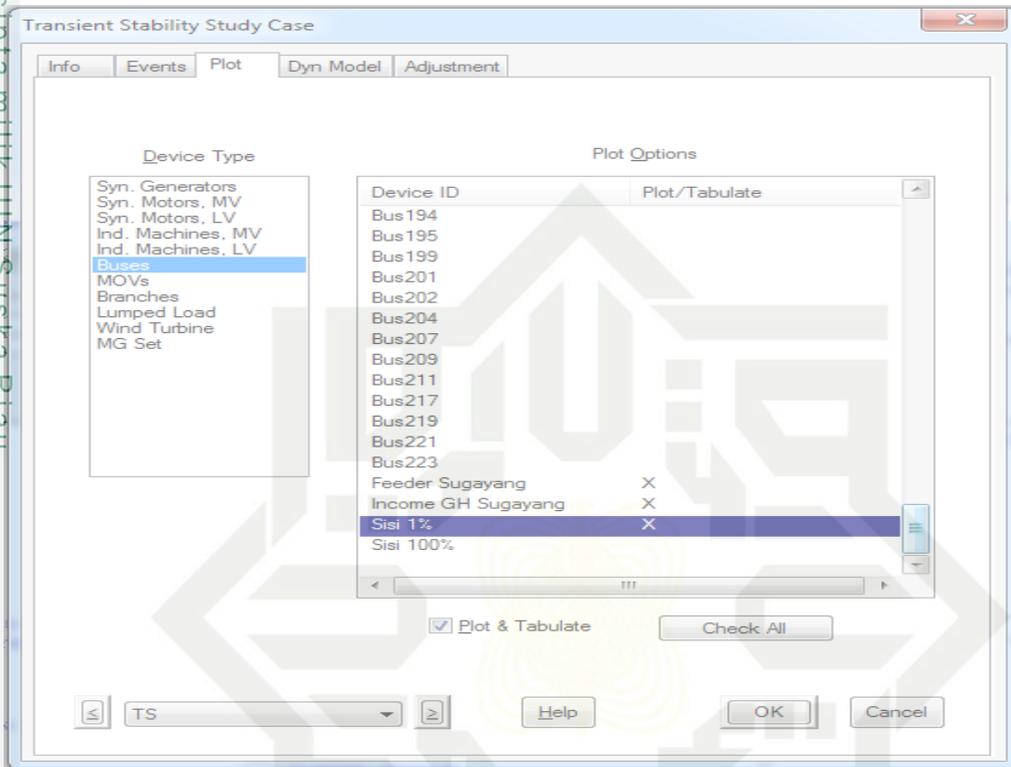


Gambar 3. 20 Tap Events pada Study Case



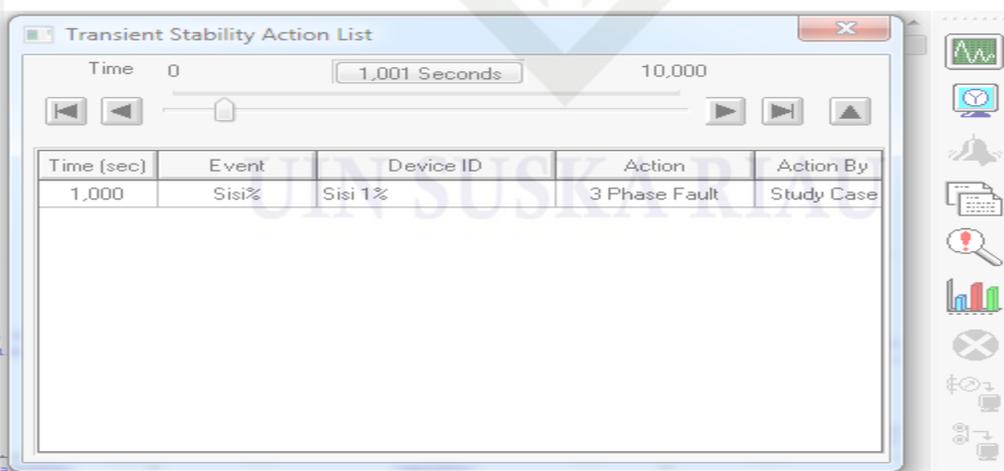
Gambar 3. 21 Tap Actions pada Study Case

3. Langkah ketiga pada simulasi *Transient* ialah mengisi plot dimana terdiri dari 2 bagian yaitu *device type* dan *plot option*. Untuk *device type* pilih bus dan *plot options* tandai pada bagian yang ingin ditampilkan seperti yang terlihat pada gambar 3.24



Gambar 3. 22 Tap Plot pada *Transient Stability Study Case*

4. Setelah itu langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi dengan memilih ikon *Run Transient Stability* maka simulasi telah selesai dijalankan seperti pada gambar 3.25



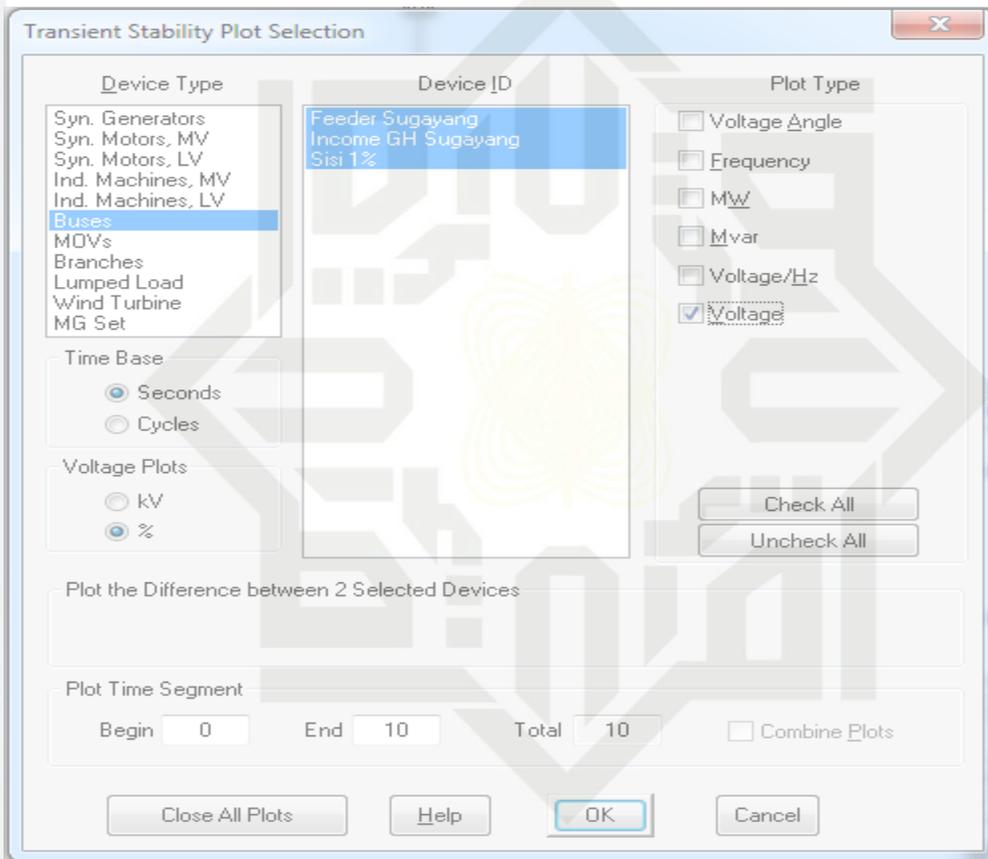
Gambar 3. 23 Run *Transient Stability*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Untuk melihat Grafik dari simulasi Transient dengan cara memilih ikon *Transient Stability Plot*. Dimana terdapat 3 bagian yaitu *Device type* yang diisi *Buses* kemudian *Device ID* dan yang terakhir *Plot Type* dan pilih pada bagian *Voltage*. Dapat dilihat seperti pada gambar berikut 3.26



Gambar 3. 24 ikon *Transient Stability Plot*



Gambar 3. 25 *Transient Stability Plot*

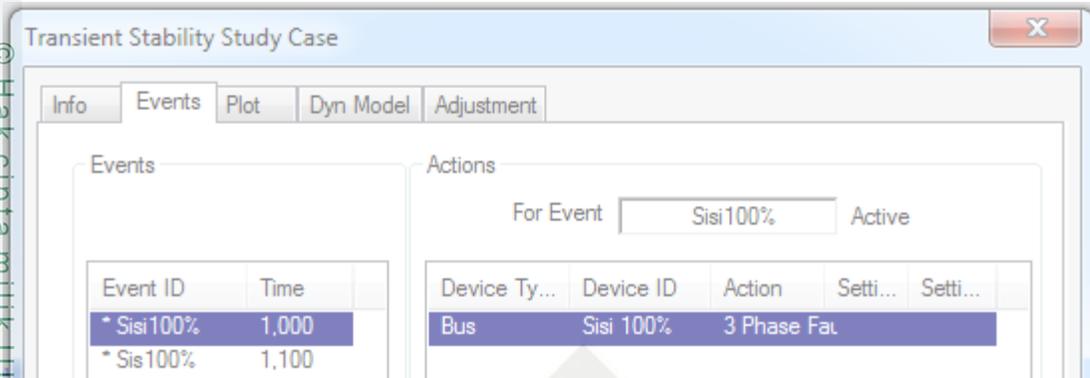
3.9.2 Simulasi Transient kedip tegangan pada titik lokasi gangguan 100%.

Simulasi Transient kedip tegangan pada sisi 100% prosesnya sama seperti pada sisi 100% dan hanya mengganti tap Events dan bagian Tap pada Plot setelah itu menjalankan simulasi dengan memilih ikon Run Transient Stability dan mengikuti langkah terakhir untuk melihat grafik prosesnya juga sama dengan memilih ikon Transient Stability Plot dan isi bagian-bagian tersebut sesuai pada sisi 100%. Dapat dilihat seperti pada gambar 3.28 dan 3.29

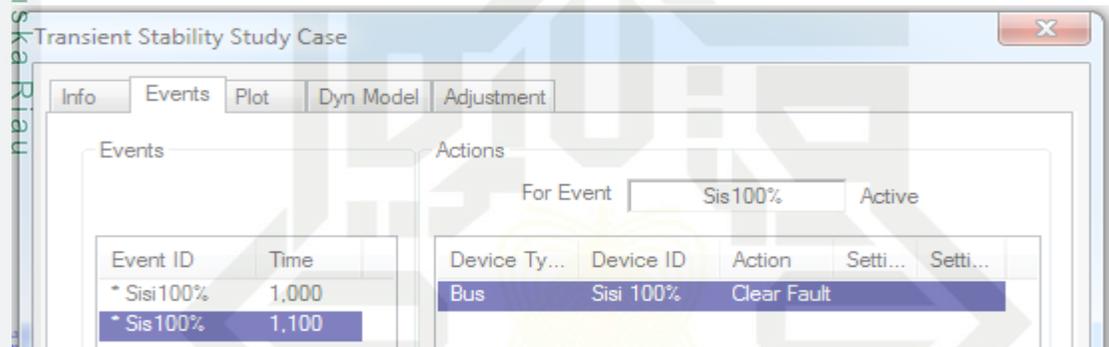
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 Harkisya Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

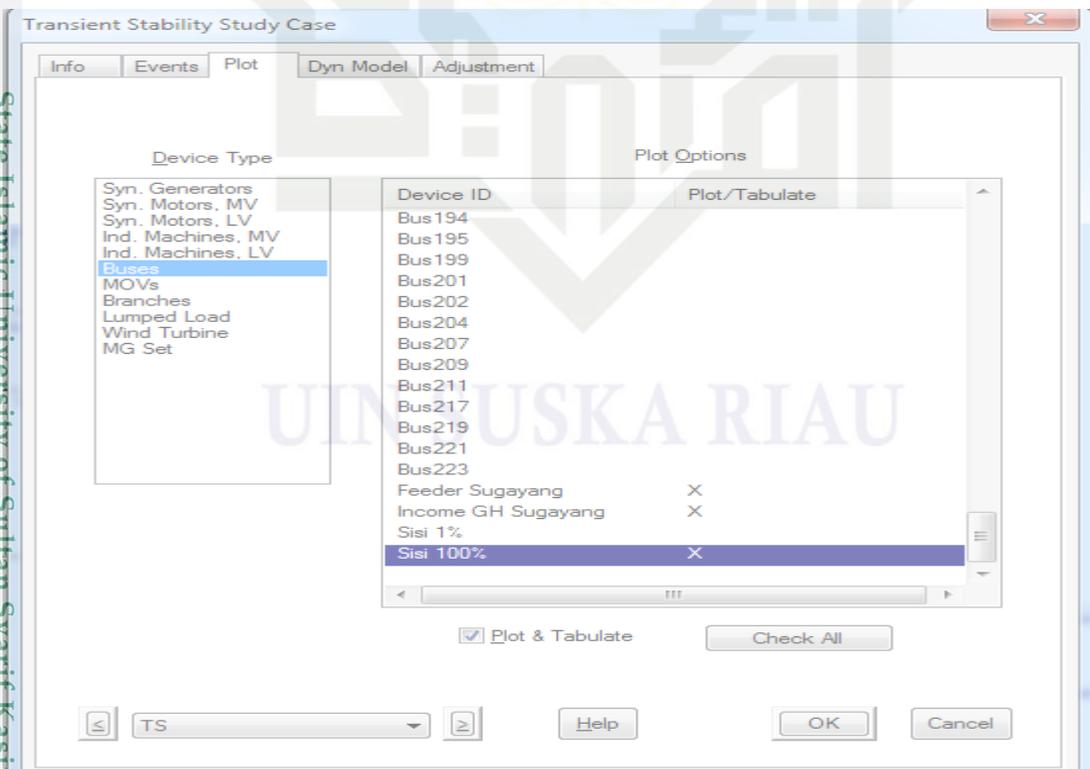
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 26 Tap Event pada *Transient Stability Case*



Gambar 3. 27 Tap Action pada *Transient Stability Case*

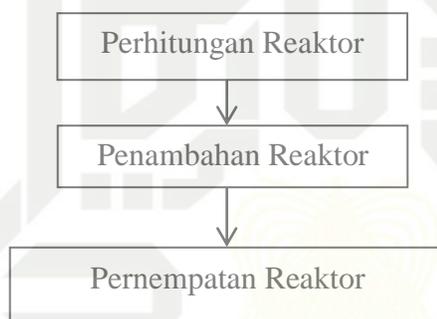


Gambar 3. 28 Tap Plot pada *Transient Stability Study Case*

3.10 Minimalisasi Kedip Tegangan dengan Penambahan Reaktor Penyulang Sungayang

Proses simulasi kedip tegangan ini dilakukan dengan menggunakan simulasi software PSCAD 2.6.0 dengan konsep *transient* dengan tujuan untuk melihat arus yang mengalami gangguan akibat kedip tegangan dari gangguan hubung singkat. Analisis kedip tegangan ini dilakukan dengan membagikan gangguan hubung singkat. Setelah melakukan beberapa tahap dalam proses simulasi dengan mendapatkan hasil kedip tegangan yang terjadi pada *feeder* Sungayang maka penulis melakukan penambahan reaktor sebagai solusi dalam meminimalisasikan kedip tegangan. hal yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

dan uraian rekomendasi yang dilakukan yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. 29 Skema Penambahan Reaktor

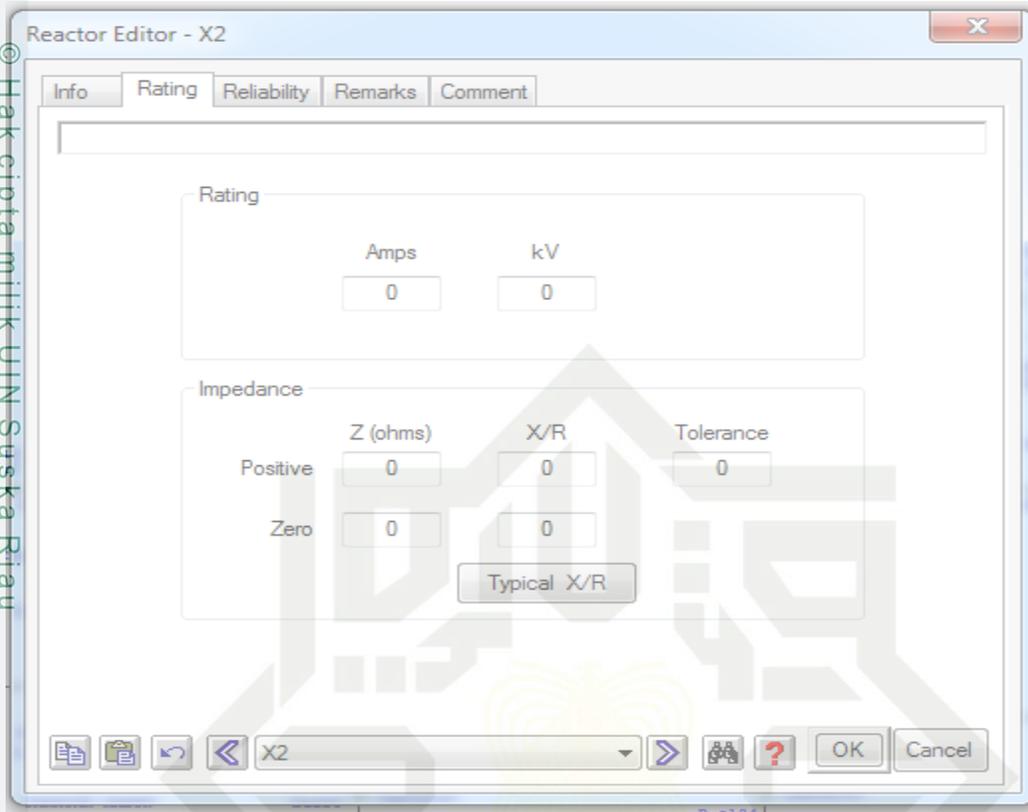
Pada gambar diatas adalah proses tahapan dalam meminimalisasikan kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat dengan melakukan perhitungan reaktor, kemudian melakukan penambahan reaktor, untuk mengetahui berapa jumlah yang akan dipasang pada *feeder* yang mengalami kedip tegangan, serta melakukan penempatan reaktor pada *feeder* yang mengalami kedip tegangan. tujuan pada proses ini untuk meminimalisasikan feeder Sugayang dalam menyalurkan tegangan ke konsumen baik dari sektor industri maupun sektor rumah tangga.

3.10.1 Perhitungan Reaktor

Sebelum melakukan penambahan reaktor terlebih dahulu menghitung ukuran reaktor yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan 2.11 dan 2.12. setelah melakukan perhitungan reaktor kemudian mengisi nilai yang sudah didapatkan pada tap Rating pada Reactor Editor agar simulasi bisa dijalankan dapat dilihat pada gambar 3.32

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 30 Tap Rating pada Reactor Editor

3.10.2 Penambahan Reaktor

Setelah melakukan perhitungan reaktor maka proses yang dilakukan adalah penambahan reaktor. Dimana penambahan reaktor pembatas setiap bus yang masih melewati kapasitas hubung singkat MT sehingga parameter arus gangguan hubung singkat lebih dari kapasitas hubung singkat MT, serta drop tegangan tidak lebih dari 5% sesuai dengan standar SPLN 72:1987. Penambahan reaktor ini berfungsi untuk menaikan tegangan dari kondisi tidak normal menjadi normal.

3.10.3 Penempatan Reaktor

Proses penempatan reaktor ini bertujuan untuk membatasi arus hubung singkat yang terjadi. Proses ini memungkinkan untuk menggunakan PMT dengan kapasitas yang rendah. Kemudian penempatan reaktor dihubungkan secara seri pada penyulang sungayang di sisi 1% dan 100%. Penempatan reaktor ini dilakukan di *feeder* sungayang untuk mengatasi dan membatasi hubung singkat yang terjadi, dengan menaikan tegangan ketika terjadinya kedip tegangan sehingga daya yang dialiri kekonsumen menjadi lebih baik dan terhindar dari dampak buruk bagi konsumen maupun pihak PLN.

3.11 Hasil dan Analisis

Hasil yang didapatkan setelah melakukan penelitian akan membahas hasil tersebut. Yang dimana hasil ini terdapat perhitungan manual untuk meminimalisasikan kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat di *feeder* sungayang. Adapun hasil perhitungan manual yang dilakukan berarti menghitung impedansi sumber, reaktansi trafo, impedansi penyulang, gangguan hubung singkat 3 fasa, kemudian berapa besar gangguan arus hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada penyulang Sungayang dan yang terakhir adalah berapa besar kedip tegangan akibat gangguan arus hubung singkat 3 fasa pada penyulang Sungayang.

1. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada penelitian meminimalisasikan kedip tegangan dengan penambahan reaktor pada *feeder* Sungayang dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Gangguan hubng singkat 3 fasa dititik 1% sebesar 8,22 kA, dan pada sisi 100% sebesar 2.5 kA. Semakin kecil impedasinya maka arus gangguan yang terjadi semakin besar, begitupun sebaliknya apabila titik lokasi gangguan semakin jauh maka impedansi yang dibutuhkan semakin besar dan apabila semakin besar impedansi yang dibutuhkan maka arus gangguan yang akan terjadi pada jaringan akan semakin kecil.
2. Kedip tegangan yang terjadi pada saat proses simulasi transient pada titik lokasi gangguan 1% sebesar 6,26 kV, sedangkan kedip tegangan yang terjadi pada saat simulasi transient pada titik lokasi gangguan 100% sebesar 18,41 kV.
3. Penambahan reaktor sangat berpengaruh ketika terjadinya kedip tegangan yang mana fungsinya yaitu tegangan dari yang tidak normal menjadi normal. kedip tegangan yang terjadi pada titik lokasi gangguan 1% awalnya sebesar 6,26 kV setelah melakukan penambahan tegangannya kembali normal sebesar 20,923 kV. Sedangkan pada titik lokasi 100% awalnya sebesar 18,41 kV tegangannya kembali normal yaitu sebesar 20,861 kV.

Saran

Saran yang dapat diberikan setelah melakukan analisis adalah sebagai berikut:

1. Rutin melakukan pengecekan terhadap sistem distribusi dan peka terhadap kedip tegangan yang mana dampaknya dapat merugikan pihak PLN dan Masyarakat sehingga tidak mempengaruhi kegiatan yang menggunakan peralatan listrik.
2. Bagi mahasiswa/i yang ingin melanjutkan penelitian selanjutnya dapat menambah variabel serta menambahkan metode lain karna untuk mengatasi kedip tegangan terdapat berbagai macam cara.

DAFTAR PUSTAKA

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Jejri.2022. “Gardu Induk Batusangkar”
- PT. PLN (Persero). 2021 “*RUPTL PT.PLN (Persero) 2021-2028*”. (Diakses 12 Februari 2022)
- Andi Pawawoi, “Analisis Kedip Tegangan (voltage sags) akibat pengasutan motor induksi dengan berbagai metode pengasutan studi di PT. Abaisiat Raya,“ *Teknika Unand*, Vol. 32, No. 1 (2009) 49-56.
- IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159-1995
- Setiawan, Rahmadi. 2013. *Analisis Penggunaan Unified Power Quality Conditioner (UPQC) pada Sistem Daya Elektrik. Jurnal EECCIS Vol.7,No.2.159-264*
- Salim, Agus. 2019. ANALISIS KEDIP TEGANGAN PADA SYSTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20 KV. MAKASSAR
- Dwi Sumarsono Syaputra, Dhimas Januari 2016. Analisis Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat Di PT CHANDRA ASRI DAN PT TRI POYTA. Surabaya
- Ervianto, Edy. 2019. ANALISIS MENENTUKAN PENGGUNAAN REAKTOR PEMBATAS ARUS DI PT. PULP AND PAPER. *Seminar FORTEI*. 27-31
- Nizamul, dkk. (2017). SIMULASI PEMULIHAN KEDIP TEGANGAN AKIBAT GANGGUAN ARUS HUBUNG SINGKAT MENGGUNAKAN DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR). *TRANSIENT, VOL. 6, NO. 3, SEPTEMBER 2017,, 6, 317-322.*
- IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, “Definition and Classification of Power System Stability”IEEE Transactions on Power system , vol. 19, no. 2, may 2004
- Das, J.C., “Transient in Electrical System, Analysis ,Recognition, and Mitigation“ , McGraw-Hill, Inc, 2010.
- IEEE Standards Coordinating Committee 22 on Power Quality, “IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality” IEEE Standards Board, Approved June 14, 1995
- V. Beloti et al., Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Comercial Power System. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2011.
- Hsnil. 2022 “ Supervisor Teknik ULP Batusangkar (KP Batusangkar)”



- [15] Aslimetri, Ganefri, and Z. Hamdi, Teknik Transmisi, vol. 53, no. 9. 2013.
- [16] L. Wang, "The fault causes of overhead lines in distribution network," MATEC Web Conf., vol. 61, no. 2016, 2016.
- [17] Kundur, P., "Power System Stability and Control", McGraw-Hill, Inc, 1994
- [18] Ir. Yanuar Hakim, MSc. 2002. Feeder Protection of Industrial Power Systems.
- [19] Hafidz, Isa., "Analisis Stabilitas Transien dan Mekanisme Pelepasan Beban di Project Pakistan Deep Water Container Port", 2014.
- [20] Lamoree, J., Smith, J. C., Vinett, P., Duffy, T., and Klein, M., "Voltage Sag Analysis Case Studies". Electrotek Concepts, Inc. Knoxville, Tennessee
- [21] Badi Sidabutar "Analisa Hubung Singkat dan Motor Starting Dengan Menggunakan ETAP Power Station 4.0.", Tugas Akhir, Medan, 2010
- [22] M. McGranaghan, D. Mueller, and M. Samotyj, "Voltage Sags In Industrial Systems," IEEE/IASI&CPS Annual Meeting, 1991, 91CH2990-0, pp.18-24.
- [23] ETAP., "Load Flow Anaysis", ETAP Help Files, 2014
- [24] Turan Gonen, "Modern Power System Analysis," USA, 1988
- [25] Alfian Syafti. 2021 "Analisa Koordinasi Recloser dan OCR (Over Current Relay) Untuk Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 3 Distribusi 20 kV GI Jajar". Skripsi Teknik Elektro.
- [26] Afandi, Irfan. 2009. Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Alauddin. Makassar
- [27] Power Quality Monitoring, Standar IEEE 1159-1995
- [28] Anismunandar, A. Susumu Kuwahara. 1993. Teknik Tenaga Listrik Jilid.II Saluran Transmisi. Jakarta : Pradnya Paramita. Hal. 73.
- [29] Ir. Yanuar Hakim, MSc. 2002. Feeder Protection of Industrial Power Systems
- [30] Yusmartato, Y. (2016). Analisa Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang LM5 Di Gardu Induk Lamhotama. *Journal of Electrical Technology, Vol. 1, No. 2, Juni 2016, 1, 27-37.*
- [31] Shalih., K. (2015). ANALISIS PENGGUNAAN REAKTOR PEMBATAS ARUS SEBAGAI PEMBATAS ARUS HUBUNG SINGKAT DI PT. PULP AND PAPER. *Jom FTEKNIK Volume 2 No. 2 Oktober 2015, 2, 1-11.*



[32] Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

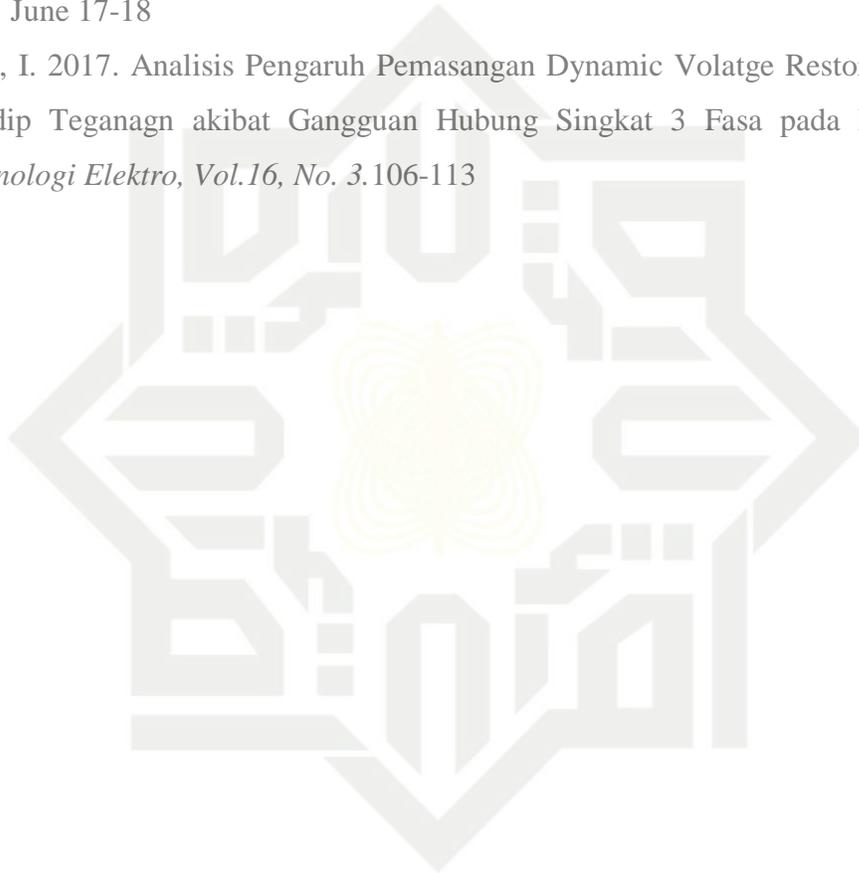
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Irfan, Darul. 2007. Analisis Penggunaan Reaktor Seri Sebagai Pembatas Arus Hubung Singkat di Busbar 150 kV GI Plumpang. *Tesis. S2 Teknik Elektro UGM*. Yogyakarta

Strotzki, Bernhardt G.A. 1954. *Electric Transmission and Distribution*. Robert E. Krieger Publishing Company, Inc. Florida

Dann, W.M. dan H.H. Rudd. 1915. The Use of Current-Limiting Reactors. *Symposium Meeting of the Society of Mechanical, Electrical and Steam Engineers, Boody House, Toledo, Ohio*. June 17-18

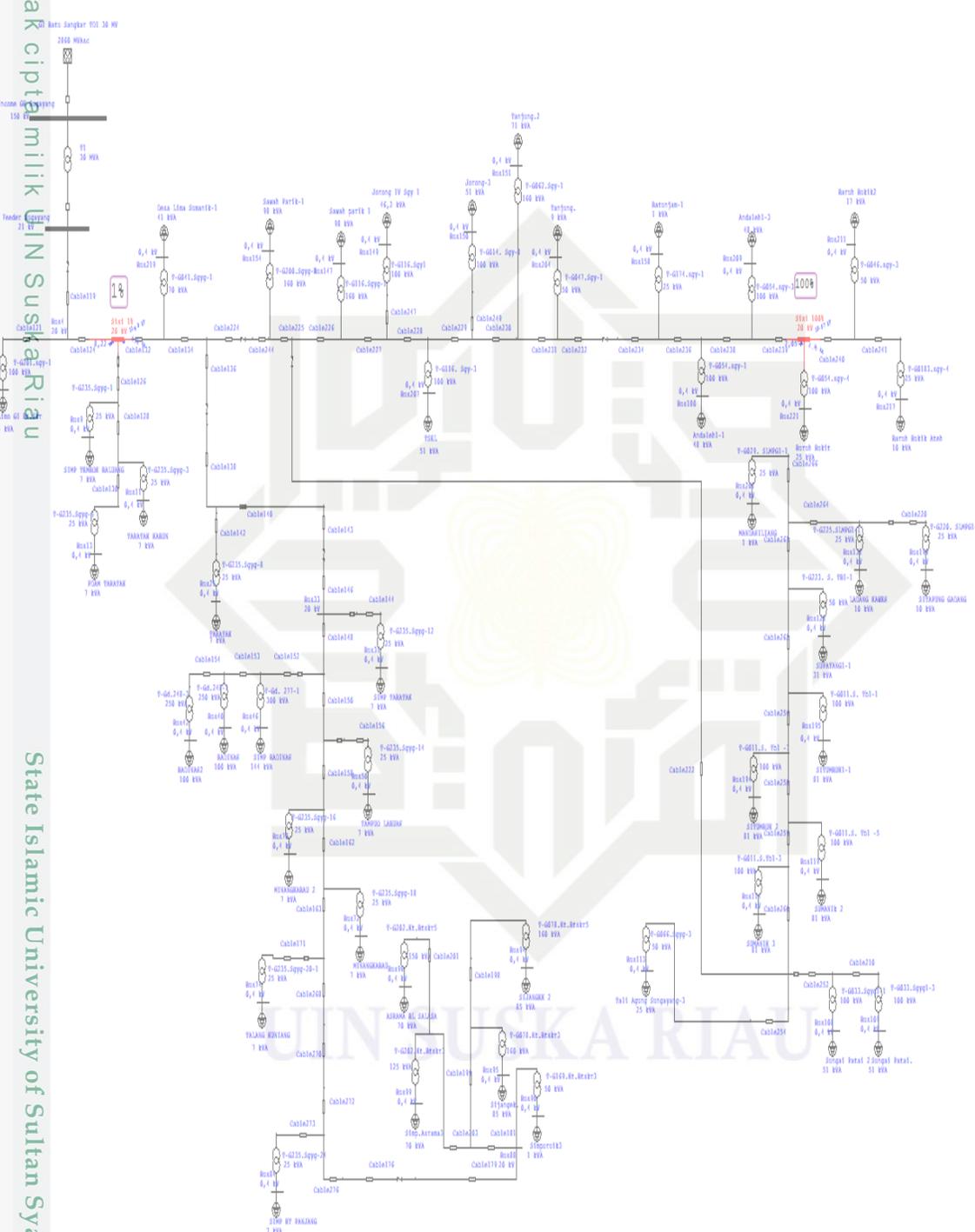
Wayan Rinas, I. 2017. Analisis Pengaruh Pemasangan Dynamic Voltage Restorer (DVR) terhadap Kedip Tegangan akibat Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa pada Penyulang Kampus. *Teknologi Elektro, Vol.16, No. 3*.106-113



2 Simulasi Hubung Singkat 3 fasa

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

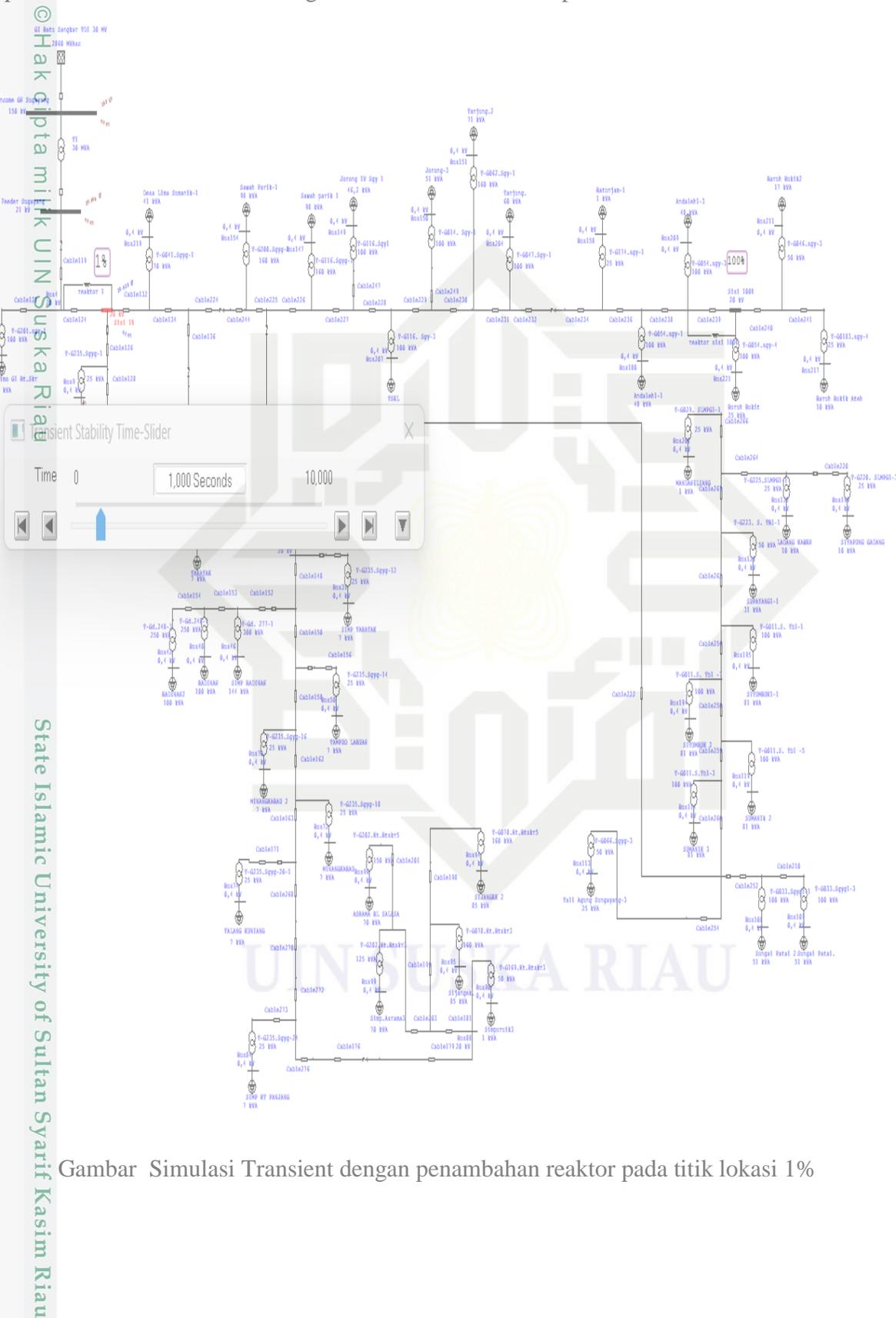
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



Gambar Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 fasa

Lampiran 3 Simulasi Transient dengan Penambahan Reaktor pada titik lokasi 1% dan 100%

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

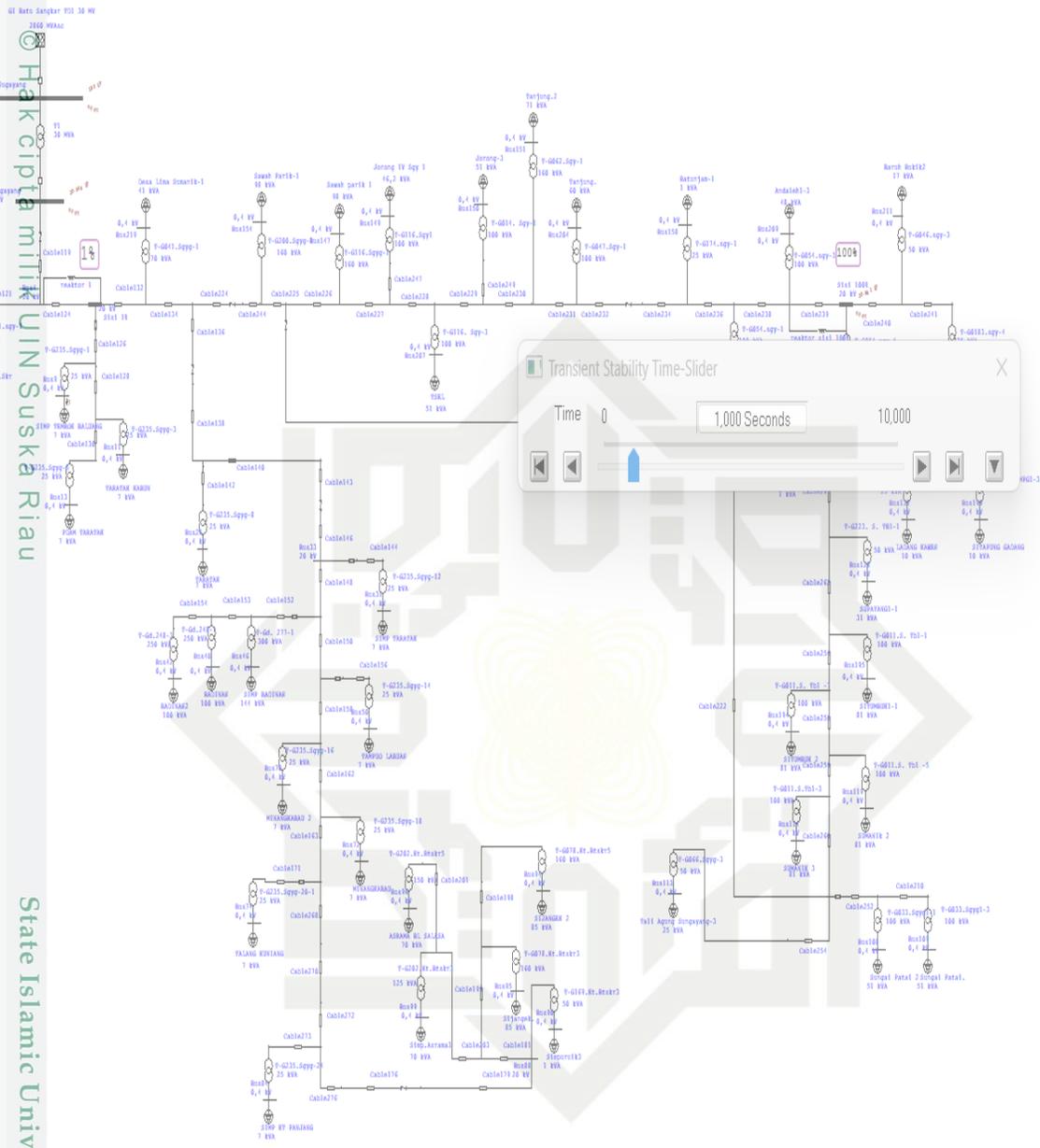


State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Gambar Simulasi Transient dengan penambahan reaktor pada titik lokasi 1%

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Diarjeng mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarjeng mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar Transient dengan penambahan reaktor pada titik lokasi 100%